RADIO UND FERNSEHEN

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO, FERNSEHEN, ELEKTROAKUSTIK UND ELEKTRONIK

6. JAHRG. 13 JULI 1957

VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN NO 18

AUS DEM INHALT

Interessante Erfahrungen mit Transistorportables 393

Ernst Schreiber
Die Ausgleichsvorgänge in der Musik und deren synthetische Nachbildung bei elektronischen Musikinstrumenten Teil I 396

Nachrichten und Kurzberichte 400

Werner Taeger
Technische Merkmale neuer Fernsehempfänger 401

Erich Hüttmann
Die Funkortung in Astronavigation und Meteorologie 404

Paul Beelitz
Der Einsatz des Radiosonden-Dienstes der DDR während des Internationalen Geophysikalischen Jahres 411

Martin Görsdorf, Dankwart Obst
Radiotheodolith für Höhenwindmessung 414

Hans-Jochen Linke
Höhenwindradar 415

H. Volland
Die Erforschung der Hochatmosphäre mit Hilfe von Raketen 418

Diedrich Wattenberg
Raketen- und Satellitenprogramme im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58 421

Literaturkritik und Bibliographie 424

Titelbild:

Zum Tag des Rundfunks am 16. Juni in der Berliner Stalinallee fehlte auch der Deutsche Fernsehfunk nicht. Unser Bild zeigt die Kameraleute in luftiger Höhe bei der Aufnahme einer Jugendveranstaltung am Strausberger Platz. Aufnahme: Blunck

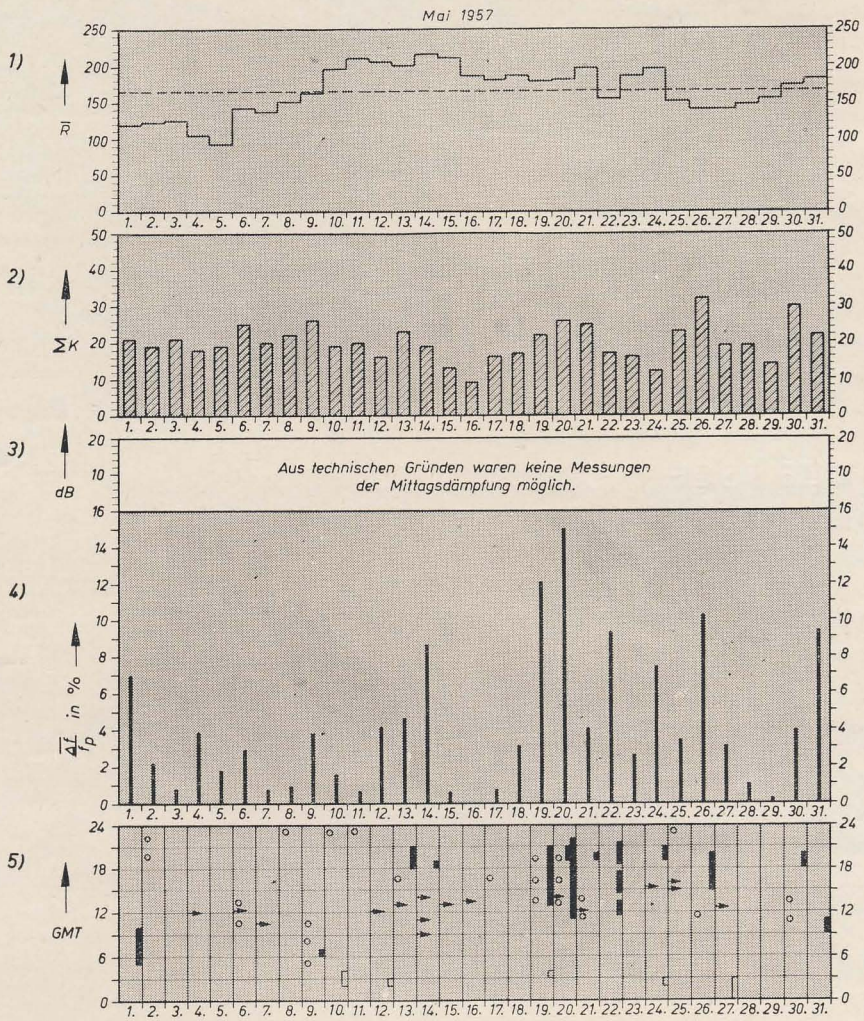
Verlag DIE WIRTSCHAFT
Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22
Telefon 530871, Fernschreiber 1448
Verlagsdirektor: Walter Franze
Radio und Fernsehen
Chefredakteur: Peter Schäffer
Verantw. Fachredakteur: Ing. Giselher Kuckelt
Lizenznummer: 4102
Anzeigenannahme: Verlag DIE WIRTSCHAFT und alle Filialen der DEWAG, z. Z. gültige Preisliste Nr. 1
Druck: Tribüne Druckerei III, Leipzig III/18/36

Nachdruck und Auszüge nur mit Genehmigung des Verlages. Alle weiteren Rechte vorbehalten.

Erscheint zweimal im Monat, Einzelheft 2,– DM

Die KW-Ausbreitung im Mai 1957 und Vorschau für Juli 1957

Herausgegeben v. Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin



1) *Sonnenfleckenrelativzahlen (Zürich)*

2) *Tagessumme der erdmagnetischen Kennziffern (Wingst)*

3) *Mittagsdämpfung auf 3,86 MHz*

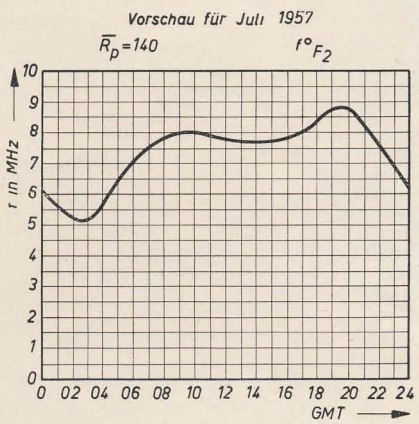
4) *Tagesmittel des relativen Abfalls der F_2-Grenzfrequenzen (Lindau/Harz)*
$\Delta f = f_p - f_m$ für $f_p < f_m$ $\Delta f = 0$

5) *relativer Abfall der F_2-Grenzfrequenzen (Lindau), bezogen auf den vorhergesagten Wert*
- $\frac{\overline{\Delta f}}{f}$ = 18...29 %
- = 30...39 %
- = 40...49 %
- = 50 % und darüber

→ *Mögel-Dellinger-Effekt bzw. Dämpfungseinbrüche (Neustrelitz/Juliusruh)*

o *plötzliche erdmagnetische Unruhe oder Schwankungsamplitude des Erdmagnetfeldes $A \geq 60\gamma$ bezogen auf eine Stunde*

[] *Streuecho*



Bestellungen nehmen entgegen

für die Deutsche Demokratische Republik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag

für die Deutsche Bundesrepublik: Sämtliche Postämter; der örtliche Buchhandel und der Verlag. Auslieferung über HELIOS Literatur-Vertriebs-GmbH, Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141–167

Für das Ausland:

Volksrepublik Albanien: Ndermarrja Shtetnore Botimeve, Tirana
Volksrepublik Bulgarien: Petschatni proizvedenia, Sofia, Léguè 6
Volksrepublik China: Guozi Shudian, Peking, P. O. B. 50 und Hsin Hua Bookstore, Peking, P. O. B. 329
Volksrepublik Polen: P. P. K. Ruch, Warszawa, Wilcza 46
Rumänische Volksrepublik: C. L. D. C. Baza Carte, Bukarest, Cal Mosilor 62–68
Tschechoslowakische Volksrepublik: Orbis Zeitungsvertrieb, Praha XII, Stalinova 46 und Bratislava, Postovy urad 2
UdSSR: Die städtischen Abteilungen »Sojuspechatj«, Postämter und Bezirkspostämter
Ungarische Volksrepublik: Allami könyvterjesztö vallalat, Budapest, Deak Ferenc-U. 15
Für alle anderen Länder: Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22

RADIO UND FERNSEHEN

1. JULIHEFT 6. JAHRGANG 13 | 1957

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO · FERNSEHEN · ELEKTROAKUSTIK · ELEKTRONIK

Unser Korrespondent aus Österreich berichtet über:

Interessante Erfahrungen mit Transistorportables

Zur Wiener Frühjahrsmesse hat die österreichische Radioindustrie neben anderen bemerkenswerten technischen Neuerungen auch Volltransistorempfänger auf den Markt gebracht. Insgesamt haben fünf Firmen — Ingelen, Minerva, Philips, Radione und Zehetner — derartige Geräte auf der Messe gezeigt. Einige davon sind auch bereits im Handel erhältlich, während bei anderen die „Fabrikationsreife" offenbar bei Messebeginn noch nicht erreicht werden konnte. Im folgenden Beitrag wird über die Technik und Betriebserfahrungen mit diesen Geräten berichtet.

Verzicht auf den UKW-Bereich

Bei allen österreichischen Transistorportables handelt es sich, wie nicht anders zu erwarten, um reine AM-Empfänger mit Mittelwellenbereich; ein Gerät (Radione) wird auf Wunsch auch mit zusätzlichem Langwellenbereich geliefert.

Dazu muß man wissen, daß in Österreich der UKW-Rundfunk bei weitem noch nicht jene Popularität genießt wie etwa in Deutschland und der fehlende UKW-Bereich daher von der breiten Käuferschicht gar nicht vermißt wird. Außerdem spielt für den Absatz solcher Geräte der Preis eine entscheidende Rolle, und größere Kofferempfänger sind in Österreich nur schwer zu verkaufen.

Gegentaktendstufe wird bevorzugt

In technischer Beziehung weisen die bisher bekannt gewordenen Schaltungsdetails — die meisten Firmen sind mit der Freigabe von Schaltungsunterlagen noch sehr zurückhaltend — einige interessante Einzelheiten auf. Bei allen Geräten hat man sich für die „größere" Ausgangsleistung entschlossen und verwendet daher überall die Gegentaktendstufe mit 2 OC 72, die mit einer Sprechleistung von 0,3 bis 0,4 W die mit Röhrenendstufen versehenen Koffergeräte weit in den Schatten stellt. Bemerkenswert ist dabei, daß auch noch bei einer auf $^2/_3$ abgesunkenen Batteriespannung eine Sprechleistung von über 100 mW zur Verfügung steht. Das ist eine höhere Leistung, als sie mit einer DL 96 als Endröhre mit frischen Batterien zu erzielen ist. In Anpassung an diese relativ große Leistung verwendet man auch Lautsprecher mit verhältnismäßig großem Membrandurchmesser (10 cm), so daß die erzielbare Klangqualität bei den nur handtaschengroßen Gehäusen überraschend gut ist. Damit hat man sich aber natürlich von der bei den geringen Transistorabmessungen zunächst naheliegenden Ausführung als Rocktaschenempfänger distanziert.

Handelsübliche Trockenbatterien

Auch in der Batteriefrage zeigt sich insofern eine einheitliche Auffassung, als grundsätzlich die Verwendung überall erhältlicher Trockenbatterien angestrebt und auf Spezialbatterien von vornherein verzichtet wurde. Drei Geräte sind deshalb für den Betrieb mit normalen Taschenlampenbatterien (2 × 4,5 V) vorgesehen, während ein Gerät (Minerva) von fünf Stabzellen (5 × 1,5 V) gespeist wird. Zehetner bleibt seinem Prinzip, die Betriebsspannung mit 6 V für den direkten Anschluß an Autobatterien festzulegen, treu und benutzt zwei 3-V-Stabbatterien.

Taschenlampenbatterien sind besonders wirtschaftlich

Die von den Herstellerfirmen angegebenen Betriebszeiten zeigen, daß die Verwendung der 4,5-V-Taschenlampenbatterien offenbar den wirtschaftlichsten Betrieb ermöglicht. In diesem Fall wird die erzielbare mittlere Betriebsdauer bei einem mittleren Stromverbrauch von 20 bis 30 mA mit rund 300 Stunden angegeben. Bei einem Batteriepreis von 2,— DM kommt man damit auf einen Stundenpreis von 0,7 Pfennig (!) und damit schon fast an die Kosten für den Betrieb eines Netzempfängers heran. Damit werden aber alle Bemühungen problematisch, den Portablebetrieb durch kostspielige Einrichtungen zur Batterieregenerierung und durch zusätzliche Netzteile wirtschaftlicher zu gestalten.

Bild 1: Ingelen-Transistorsuper TRV-100

Selbstverständlich setzt diese Betriebskostenrechnung, der eine mittlere Leistung des Empfängers von 8 V · 25 mA = 0,2 W zugrunde liegt, voraus, daß die mittlere Sprechleistung dabei nur zwischen 50 und 100 mW liegt. Berücksichtigt man jedoch den Füllfaktor von Sprache und Musik und die Tatsache, daß die volle Lautstärke im allgemeinen praktisch nicht ausgenützt wird, dann besteht diese Kalkulation durchaus zu recht. Hier kommt eben der große Vorteil des lautstärke- und aussteuerungsabhängigen Strombedarfes der Gegentaktendstufe entscheidend zur Geltung.

Mit derartig geringen Betriebskosten wird der Portable aber auch als Zweitempfänger für die Wohnung interessant, wo er gegenüber dem Netzempfänger den Vorteil der völligen Unabhängigkeit von der Steckdose bietet. Dabei stellt natürlich die größere Ausgangsleistung gegenüber dem Taschenempfänger mit einfacher Endstufe einen großen Pluspunkt dar.

Die bisher gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, daß die Lebensdauer von Taschenlampenbatterien, die für eine normale Belastung von 250 bis 300 mA dimensioniert sind, bei dieser geringen Belastung unwahrscheinlich hoch ist. Dies gilt insbesondere für Salmiakbatterien, die bei kleinem Innenwiderstand eine Spannung hoher Konstanz liefern und besonders dann am Platze sind, wenn der Empfänger ständig in Betrieb ist. Für diese Batterien ist die Lebensdauer bei dieser speziellen Verwendung weniger eine Frage der Belastung, sondern der Lagerfähigkeit. Wird das Gerät dagegen nur mit großen Pausen in Gebrauch genommen, dann ist die salmiakfreie Batterie wegen ihrer größeren Lagerfähigkeit wirtschaftlicher.

Stabbatterien begünstigen geringe Gehäuseabmessungen

Stabzellen haben wegen ihrer geringen Kapazität eine weit geringere Belastungsreserve, und die erreichbare Betriebszeit wird bei den betreffenden Empfängern daher nur mit durchschnittlich 100 Stunden angegeben. Sie bieten jedoch wegen ihrer günstigen Abmessungen den Vorteil einer optimalen Raumausnützung und sind daher dann zweckmäßig, wenn, insbesondere in Verbindung mit einer gedruckten Schaltung (zwei österreichische Geräte machen davon Gebrauch), möglichst kleine Gehäuseabmessungen und geringes Gewicht angestrebt werden. Ein Beispiel hierfür bietet der Minerva-Empfänger „Volltransistor", der mit 20 × 13 × 5,5 cm und 1,1 kg Gewicht (einschließlich Batterien) der kleinste und leichteste österreichische Portable ist (Bild 2).

Einheitliche Mischstufe

Im HF-Teil zeigen die österreichischen Portables in bezug auf die verwendeten Transistoren ebenfalls weitgehende Übereinstimmung. In der Mischstufe wird der Mischtransistor OC 44 in

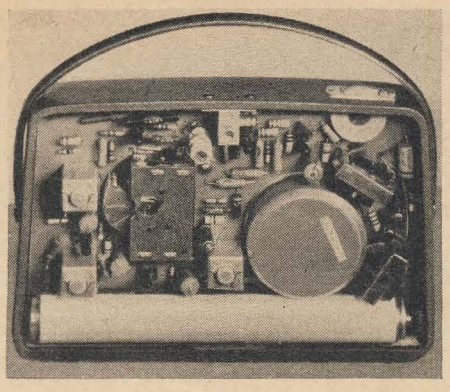


Bild 2: Rückansicht des kleinsten und leichtesten österreichischen Volltransistor-Portables („Minerva Volltransistor"). Bemerkenswert ist die Verwendung von Stabzellen (5×1,5 V) und eines Ferroxdurelautsprechers mit 10,7 cm Durchmesser

additiver, selbstschwingender Schaltung verwendet, und alle Geräte besitzen eine eingebaute Ferritantenne. Dann folgen zwei ZF-Stufen (2 × OC 45), von denen jeweils die erste geregelt wird. Drei Geräte arbeiten mit neutralisierten Einzelkreisen, während ein Gerät (Radione) für die Mischstufe ein Bandfilter und für die ZF-Stufen Einzelkreise (ebenfalls neutralisiert) vorgesehen hat.

ZF-Stufen mit normalen Bandfiltern ohne Anzapfung

Technisch besonders interessant ist die von Ingelen im TRV-100 gefundene Lösung (Bild 3). Hier werden in allen drei Stufen ZF-Bandfilter verwendet, und zwar benützt man die in AM-Empfängern gebräuchlichen, normalen AM-Miniaturfilter ohne Kreisanzapfungen. Die Anpassung der Transistorimpedanzen wird in den beiden ZF-Stufen durch eine kapazitive Spannungsteilerschaltung bewirkt, die aus kleinen Ankopplungskapazitäten (C_1, C_3, je 35 pF) und der relativ großen Eingangskapazität des Transistors gebildet wird. Der mit Rücksicht auf die Transistordämpfung notwendige größere Kopplungsfaktor wird durch eine zusätzliche kapazitive Spannungskopplung der Filter in den beiden ZF-Stufen erreicht.

Verzicht auf die ZF-Neutralisation ist möglich

Diese neuartige Anpassung bietet gleichzeitig den großen Vorteil, daß auf Grund der durch die veränderten Phasenbedingungen verringerten Rückwirkung auf die bisher allgemein für unbedingt erforderlich angesehene ZF-Neutralisation mit ihrer kritischen Einstellung vollständig verzichtet und trotzdem bei aller Ausnützung der Verstärkungsmöglichkeit völlig gesicherte Stabilitätsbedingungen erreicht werden konnten. Außerdem kann durch Änderung der Koppelkapazität vor der zweiten ZF-Stufe (Trimmer C_3) eine für die Serienfertigung festgelegte Gesamtverstärkung in einfachster Weise eingestellt werden. Dadurch werden die Transistorstreuungen weitestgehend ausgeschaltet, und die Empfindlichkeitsstreuung innerhalb der Serie wird auf ein Minimum reduziert.

Diodendemodulation und Richtverstärker

Die Demodulation erfolgt in drei Geräten durch eine Germaniumdiode, während die beiden anderen einen Transistor (OC 45) in Richtverstärkerschaltung benutzen. Beide Schaltungsarten haben sich in bezug auf den Demodulatoreffekt annähernd gleichwertig erwiesen, wobei jedoch die Diodendemodulation unbedingt eine zusätzliche NF-Verstärkerstufe vor der Treiberstufe verlangt.

Verbesserte und vereinfachte Regelautomatik

Die automatische Lautstärkeregelung, bisher eines der Hauptprobleme des Transistorsupers, konnte durch Anwendung eines aus den Philips-Laboratorien (le Can) stammenden neuen Schaltungskniffes in entscheidender Weise verbessert werden.

Wie bereits in der Fachliteratur mehrfach dargelegt, kann mit Rücksicht auf die selbstschwingende Mischstufe und wegen des erforderlichen Aussteuerbereiches der vor dem Demodulator liegenden ZF-Stufe praktisch nur die erste ZF-Stufe geregelt werden. Die Regelung wurde bisher im allgemeinen durch Änderung der Blockvorspannung in positiver Richtung durchgeführt, wobei die Steilheit des Transistors mit abnehmendem Kollektorstrom, ähnlich wie bei Regelröhren, verringert wird und eine Verstärkungsregelung bis zu 1 : 250 erzielbar ist.

Die neue, in allen österreichischen Geräten angewandte Methode besteht in der Erzielung einer zusätzlichen und außerordentlich wirksamen Regelwirkung durch eine Dämpfungsdiode, die HF-mäßig dem Kollektorkreis der Mischstufe parallel geschaltet ist (A—B im Bild 3). Diese Diode liegt außerdem gleichspannungsmäßig an den Potentialpunkten A, B in den Kollektorkreisen der Mischstufe und der ersten ZF-Stufe. Durch entsprechende Bemessung der Kollektorvorwiderstände wird erreicht, daß die Diode bei kleinem Eingangssignal durch die Differenzspannung zwischen A und B eine negative Spannung erhält und daher praktisch gesperrt ist. Mit dem Einsetzen der von der Demodulatordiode bzw. vom Richtverstärker gelieferten Regelspannung nimmt der Kollektorstrom des geregelten Transistors ab, und durch den verringerten Spannungsabfall am Vorwiderstand R_1 nimmt die im Punkt A wirksame Kollektorspannung zu. In einem entsprechend festgelegten Punkt der Regelung polt sich dadurch die an der Diode wirksame Differenzspannung um, die Diode wird leitend und bedämpft mit ihrem kleinen Durchlaßwiderstand den Anodenkreis der Mischstufe so stark, daß die Ausgangsspannung nach einem schwachen Anstieg praktisch fast vollkommen konstant bleibt.

Die im Bild 6 wiedergegebene Regelkurve (Ingelen TRV-100)[1]) zeigt den Einsatz der Dämpfungsdiode bei etwa 100 μV Eingangsspannung und im Bereich bis zu etwa 1 V Eingangssignal nur eine Zunahme der Ausgangsspannung im Verhältnis 1 : 2, also eine fast ideale Regelcharakteristik. Bei diesem Gerät wird der Einfluß der Änderung der Eingangsimpedanz des geregelten Transistors außerdem noch durch eine Parallelkapazität zum Block (C_2) vermindert.

Durch diese Regelmethode wird gleichzeitig auch der von der Demodulatorstufe aufzubringende Spannungs- bzw. Leistungsbedarf wesentlich herabgesetzt, da sich die Regelung des Transistors praktisch nur noch darauf beschränkt, den Regelvorgang einzuleiten, und dazu nur eine verhältnismäßig geringe Änderung des Kollektorstromes bzw. der Basisvorspannung erforderlich ist. Man kann deshalb die Regelung in diesem Fall auch direkt mit der von der Diode gelieferten Richtspannung durchführen, während bisher eine Regelspannungsverstärkung erforderlich war.

Kompensation der Bandbreiteänderung

Die Dämpfungsdiode hat gleichzeitig auch einen sehr erwünschten Einfluß auf die Bandbreite. Bei der bisher üblichen Transistorregelung wirkte sich die Tatsache sehr störend aus, daß die Impedanzen des Regeltransistors mit zunehmender Regelung ansteigen und dadurch die Bandbreite bei starken Sendern verringert wurde. Erwünscht ist jedoch gerade das Gegenteil, nämlich eine schmale Bandbreite (hohe Selektion) bei Fernempfang und eine größere Bandbreite bei Ortsempfang. Die Dämpfungsdiode wirkt dieser unerwünschten Bandbreitenänderung entgegen.

Automatische Bandbreiteregelung

In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, daß in einem österreichischen Gerät von einer

[1]) Die Meßkurven Bilder 6, 7, 8 sind einem Laborbericht von Dr. O. Teuchmann, Radiofabrik Ingelen, entnommen.

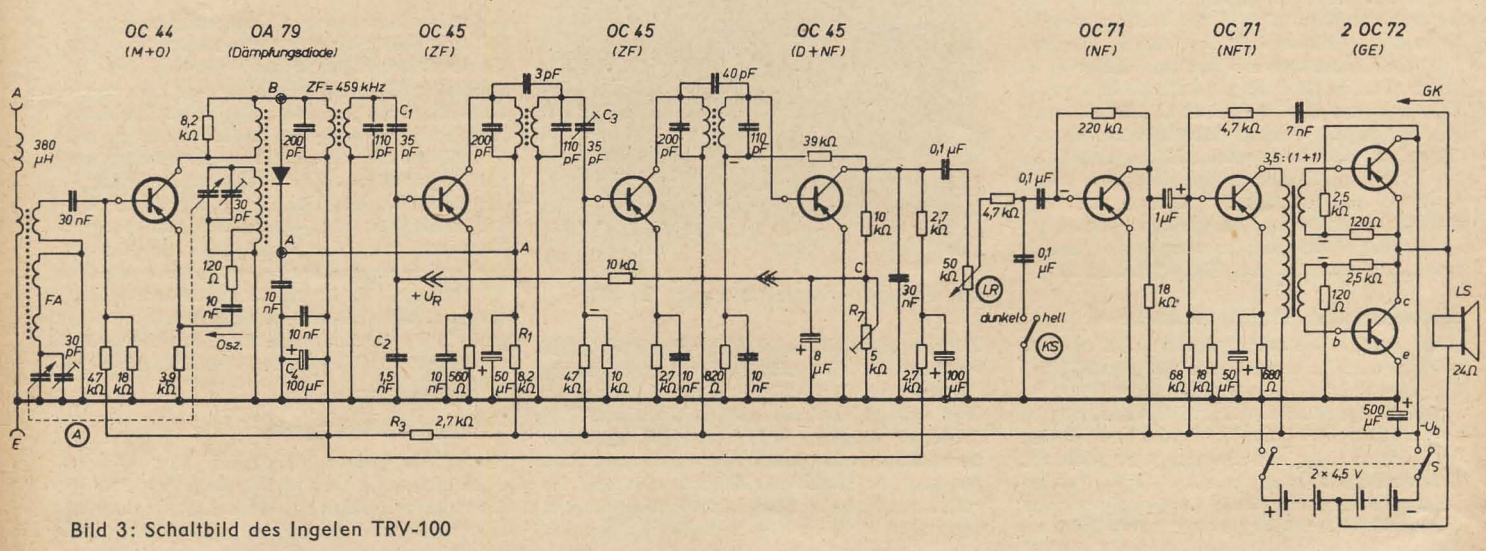


Bild 3: Schaltbild des Ingelen TRV-100

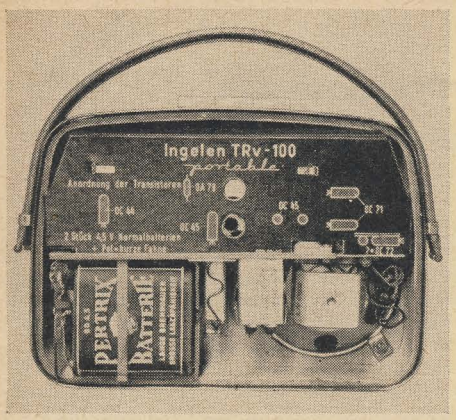
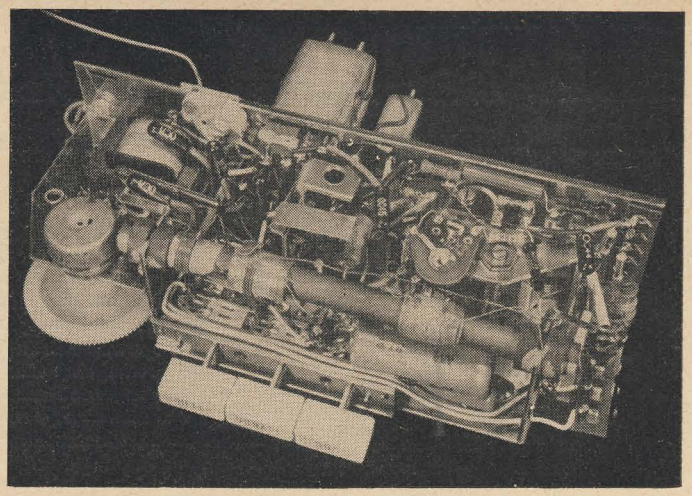


Bild 4: Rückansicht des TRV-100. Die obere Hälfte des Gerätes nimmt das senkrecht eingebaute Chassis ein ←



→ Bild 5: Das komplette Chassis des TRV-100. Oben sichtbar die Miniaturbandfilter, unten das Drucktastenaggregat (Ein, Aus, Hell, Dunkel)

bereits früher diskutierten Möglichkeit Gebrauch gemacht wird, nämlich von der umgekehrten Regelung des Transistors. Bekanntlich nimmt die Transistorsteilheit bei höherem Kollektorstrom bzw. verringerter Kollektorspannung wieder ab. Regelt man daher den Transistor so, daß der Kollektorstrom mit zunehmendem Eingangssignal ansteigt, dann kann man bei geschickter Dimensionierung ebenfalls den Einsatz der Dämpfungsdiode erreichen. Man gewinnt aber dabei den Vorteil, daß die Transistorimpedanzen mit zunehmender Regelung kleiner werden und dadurch die Bandbreite vergrößern. Ein solches Gerät besitzt bei Fernempfang eine schmale Bandbreite (hohe Selektion) und erhält bei Ortsempfang automatisch eine trennschärfemäßig tragbare und klangmäßig günstigere größere Bandbreite. Damit verwirklicht sich der bei Röhrenempfängern bisher vergeblich angestrebte Gedanke einer automatischen Bandbreitenregelung.

Empfindlichkeit und Trennschärfe

Ein Vorteil, den der Transistorempfänger gegenüber Röhrenbatteriegeräten bietet, ist die weitgehende Unabhängigkeit der Empfindlichkeit von der Batteriespannung. Bild 7 (Ingelen TRV-100) zeigt, daß die Empfindlichkeit fast bis zur halben Batteriespannung praktisch unverändert bleibt. Dieses Gerät ergibt mit Ankopplung des HF-Generators über 3 pF und Nachstimmen des Eingangskreises eine noch um den Faktor 3 höhere Empfindlichkeit als bei der für die Aufnahme der Kurve Bild 7 benutzten Messung mit Hilfe einer Meßschleife. Die Empfindlichkeit der meisten Geräte liegt sogar bei 1,5 μV. Die Selektion beträgt bei mittlerem Eingangssignal etwa 1 : 100 (9-kHz-Abstand).

Rauschen

Auch hinsichtlich des Rauschens kann auf Grund der vorliegenden Ergebnisse gesagt werden, daß der Volltransistorsuper Röhrengeräten praktisch gleichwertig ist, sofern Selektion und Dimensionierung der Mischstufe optimalen Bedingungen entsprechen. Die im Bild 8 wiedergegebene Kurve des Signal/Rausch-Abstandes zeigt lediglich im Bereich des Einsatzes der Dämpfungsdiode (um 100 μV) einen um 3···6 dB ungünstigeren Verlauf. Nach dem Einsetzen der Dämpfungsdiode wird ein Signal-Rausch-Abstand von 40 dB erreicht.

Pfeifstörungen

Ein Problem, das den Konstrukteuren von Transistorportables noch Kopfzerbrechen macht, sind die Pfeifstellen. Diese haben jedoch ihre Ursache hauptsächlich in der Anwendung der additiven Mischung, die zu einer besonders kräftigen Bildung von ZF-Oberwellen führt. Das hat vor allem Pfeifstellen im Bereich der Sender mit der Frequenz 2 ZF zur Folge. Man versucht, diesen Schwierigkeiten durch geeignete Wahl der ZF zu begegnen. In österreichischen Geräten werden Zwischenfrequenzen von 451, 459 und 461 kHz angewendet.

Technische Daten der österreichischen Volltransistor-Portables

Typ (Hersteller)	Transistoren	Dioden	Kreise	Betriebsspannung (Batterien)	Abmessungen (Gewicht m. B.)	Preis (o. B.) (DM) [1]
„Volltransistor" (Minerva)	OC 44, 2 × OC 45, 2 × OC 71, 2 OC 72	OA 79, OA 79	5 E	7,5 V (5 × 1,5 V St)	20 × 13 × 5,5 cm (1,1 kg)	öS 1295,— (DM 216,—)
„Gipsy" (Radione)	OC 44, 2 × OC 45, 2 × OC 71, 2 OC 72	OA 79, OA 85	4 E, 1 Bf	9 V (2 × 4,5 V TL)	21,5 × 15 × 6 cm (1,2 kg)	öS 1330,— (DM 222,—)
„Party" (Philips)	OC 44, 2 × OC 45, 2 × OC 71, 2 OC 72	OA 79, OA 85	5 E	9 V (2 × 4,5 V TL)	24 × 17 × 7 cm (1,4 kg)	öS 1450,— (DM 242,—)
TRV-100 (Ingelen)	OC 44, 3 × OC 45, 2 × OC 71, 2 OC 72	OA 79, —	2 E, 3 Bf	9 V (2 × 4,5 V TL)	22 × 15 × 6,7 cm (1,4 kg)	öS 1490,— (DM 248,—)
„Darling" (Zehetner)	OC 44, 3 × OC 45, OC 72, 2 OC 72 mit W-Netzteil 110 ··· 220 V	OA 85, —, 2 Trockengleichrichter	5 E	6 V (2 × 3 V St) oder 6-V- bzw. 12-V-Autobatterie	(1,5 kg)	öS 1890,— (DM 315,—)

Erläuterungen: E = Einzelkreis, Bf = Bandfilter; St = Stabbatterie, TL = Taschenlampenbatterie; m. B. = mit Batterien; o. B. = ohne Batterie
[1]) Umgerechnet mit 1 : 6.

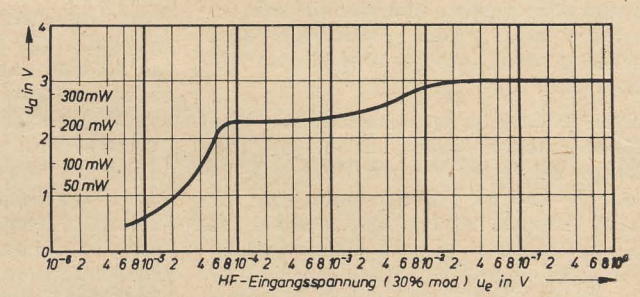


Bild 6: Regelkurve des TRV-100, aufgenommen bei zurückgedrehtem Lautstärkeregler

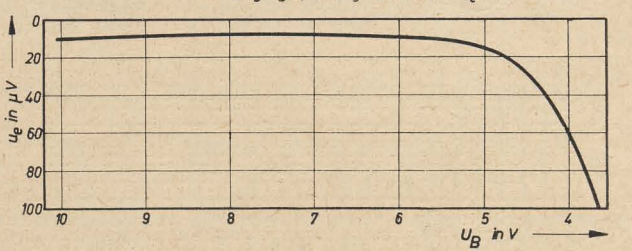


Bild 7: Empfindlichkeitsverlauf in Abhängigkeit von der Batteriespannung, m = 30% (zwei 4,5-V-Taschenlampenbatterien)

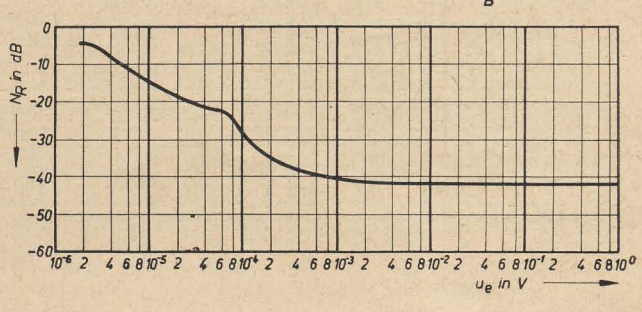


Bild 8: Signal/Rausch-Abstand (relative Rauschleistung N_R, bezogen auf N_{max}) in Abhängigkeit von d. Eingangsspannung. 0 dB ≙ N_{max} bei m = 30 % (400 Hz)

Ing. ERNST SCHREIBER

Die Ausgleichsvorgänge in der Musik und deren synthetische Nachbildung bei elektronischen Musikinstrumenten Teil 1

Nach einer kurzen Betrachtung der Ausgleichsvorgänge in der Natur und deren Analogie bei den herkömmlichen Musikinstrumenten werden die bei einer Pfeifenorgel entstehenden Ausgleichsvorgänge physikalisch und in ihrer Wirkung näher untersucht. Es folgt dann eine allgemeine Einführung in die Methoden der Nachbildung von Ausgleichsvorgängen bei elektronischen Musikinstrumenten. Nach der Behandlung des Kurzton- und des Dauertongenerators wird die klassische Grundschaltung einer Steueranordnung zur Erzeugung von elektronischen Ausgleichsvorgängen beschrieben. Danach werden sogenannte Tastsysteme betrachtet, die komplette Steueranordnungen für vielstimmige elektronische Musikinstrumente darstellen. Es wird ein neuartiges Tastverfahren, das in Verbindung mit der substraktiven und der additiven Klangformung eine hervorragende Nachbildung von Ausgleichsvorgängen guter Pfeifenorgeln zu erzeugen gestattet, eingehend behandelt, und abschließend werden die beim Eintakttastverfahren auftretenden Störkomponenten aufgezeigt sowie Mittel angegeben, diese Störkomponenten unwirksam zu machen.

Die Ausgleichsvorgänge in der Natur und bei den herkömmlichen Musikinstrumenten

Musik ist Leben — ist lebendiges Geschehen, ist Bewegung! Die Kräfte, die den Antrieb zur Bewegung geben, können sehr vielseitig sein. Elektrische oder chemische Potentialunterschiede sind Beispiele hierfür. Diese Potentialunterschiede haben das Bestreben, sich auszugleichen. Sind sie ausgeglichen, so hört das Bestreben zur Bildung von chemischen Verbindungen auf. Es ist also ein Dauerzustand der Ruhe eingetreten [1].

Die gleichen Verhältnisse liegen auch in der Akustik vor. Das Werden bzw. Aufbauen des Klanges ist von entscheidender musikalischer Bedeutung, der fertig aufgebaute Klang (stationärer Klang) dagegen von geringerem Interesse. Dieser stationäre Klang wird nämlich nach kurzer Zeit bereits wieder vergessen. Ein monotones Dauergeräusch, z. B. einer laufenden Maschine in einer Fabrik, wird kaum noch gehört. Man erinnert sich dessen erst wieder, wenn die Maschine abgeschaltet wird, das Geräusch also aufhört [1].

Typisch für diese Verhältnisse ist z. B. das Klavier. Dieses Instrument erzeugt überhaupt keinen stationären Klang (Dauerklang). Es lebt praktisch nur von Ein- und Ausschwingvorgängen, wobei der Klangeinsatz sehr kurz ist. Nach dem Anschlagen einer Klaviertaste erreicht der Klang sehr schnell sein Intensitätsmaximum, um dann langsam auszuklingen. Dabei wird die Klangfarbe wesentlich von der Stärke des Tastenanschlages bestimmt. Im Bild 1 werden die entsprechenden Klangspektren veranschaulicht. Ein schwacher Anschlag ergibt einen weichen Klangcharakter, da er nur wenige Obertöne erzeugt. Ein mittelstarker Anschlag macht den Klang härter. Ein starker Anschlag ergibt ein glanzvolleres Klangbild. Noch interessanter als die Einschwing- sind die Ausschwingvorgänge der Klavierklänge. Die unterschiedliche Dämpfung der Obertöne der verschiedenen Klaviersaiten ist besonders auffallend. Während des Abklingens eines Obertones kann es vorkommen, daß seine Intensität zwischenzeitlich ansteigt. Dies ist auf ein Hin- und Herpendeln der Energie in den gekoppelten Resonanzsystemen (Resonanzboden) des Klaviers zurückzuführen[1]). Die Ausschwingzeit eines guten Konzertflügels bei eingeschaltetem Pedal wurde mit etwa 80 Sekunden gemessen.

Der Ausschwingvorgang kann auch als eine Umkehrung des Einschwingvorganges aufgefaßt werden. Der bekannte Versuch, eine Klavieraufnahme auf einer Schallplatte oder einem Tonband rückwärts abzuspielen, beweist dies deutlich. Man hört dann einen Klang ähnlich dem des Harmoniums mit einem völlig anderen Klangcharakter bei gleichem Kurvenverlauf. Hiermit ist also eindeutig erwiesen, daß der Kurvenverlauf eines Klanges von untergeordneter Bedeutung ist, jedoch das Ein- und Ausschwingen der einzelnen Teilkomponenten des Klanges entscheidend den Klangcharakter bestimmen.

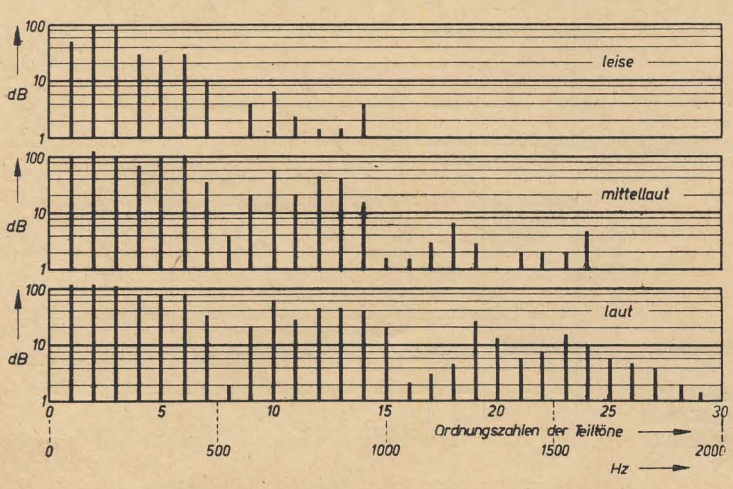


Bild 1: Klangspektren des Klavieranschlages (nach E.Meyer u. H. Buchmann)

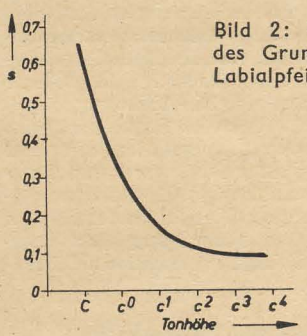


Bild 2: Einschwingzeit des Grundtones C bei Labialpfeifen

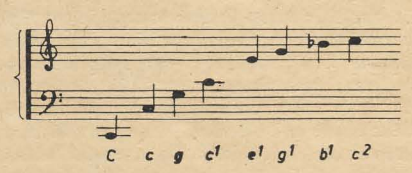


Bild 3: Notendarstellung der Teiltöne für den Ton C

Die Erkennbarkeit von Klängen ist also sehr schlecht, wenn dem Ohr nur die stationären Anteile des Klanges dargeboten werden. In der Akustik wurde bisher der Klang als eine Lautäußerung definiert, die von der Tonhöhe, der Lautstärke sowie von der Zusammensetzung aus Grund- und Obertönen[2]) abhängt. Carl Stumpf hat dann nachgewiesen, daß ein Musikinstrument mit konstanter Intonation und Intensität des Klanges seinen Klangcharakter erheblich einbüßt, wenn der typische Klangeinsatz abgeschnitten oder unterdrückt wird. Versuche vor einer größeren Zahl von Zuhörern haben ergeben, daß es beim Abhören von Klängen, deren Klangeinsätze unhörbar gemacht wurden, zu weitgehenden Verwechselungen hinsichtlich des den Klang erzeugenden Instrumentes kam [2]. So wurde Flöte mit Stimmgabel, Kornett mit Trompete, Klarinette mit Oboe, Fagott mit Violoncell verwechselt. Sogar weit voneinander entfernte Klangfarben, wie Kornett und Violine, Waldhorn und Flöte

[1]) Eine Analogie hierfür liegt bei Rundfunkbandfiltern vor!

[2]) Siehe auch DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 1 (1954).

konnten nicht mehr voneinander unterschieden werden.

Bei der Orgel, die bekanntlich ein Instrument mit verhältnismäßig starrer Tongebung ist, kommt es besonders auf die Klangeinsätze an, um das Klangbild lebendig zu gestalten. Die Einschwingvorgänge von Orgelpfeifen folgen nun ebenfalls bestimmten physikalischen Gesetzen, die der Eigenart des Instrumentes entsprechen. Zunächst ist grundsätzlich ein Unterschied zwischen den Lippen- oder Labialpfeifen und den Zungen- oder Lingualpfeifen[1]) zu machen. Während die Zungenpfeifen, die übrigens durchschnittlich nur 10% bis höchstens 30% des Pfeifenbestandes einer Orgel ausmachen, sehr schnell ansprechen und den stationären Klangzustand bereits nach wenigen Einschwingperioden erreicht haben, erfolgt bei Lippenpfeifen der Toneinsatz in den tiefen Lagen äußerst langsam und kompliziert. Beim Ton C hat der Grundton erst nach etwa 0,6 s 80% seiner Endamplitude erreicht und bei den Tönen c^1 und c^2 nach etwa 0,15 bis 0,1 s. Im Bild 2 ist dieses Zeitintervall für Labialpfeifen der Töne C, c^0, c^1, c^2, c^3, c^4 in einem Koordinatensystem aufgetragen.

Es sollen nun die Einschwingvorgänge für einen Prinzipalklang mit der Grundfrequenz des Tones C betrachtet werden. Gemäß der Notendarstellung des Bildes 3 lauten diese ersten acht Teiltöne vom C an:

$$C - c^0 - g^0 - c^1 - e^1 - g^1 - b^1 - c^2.$$

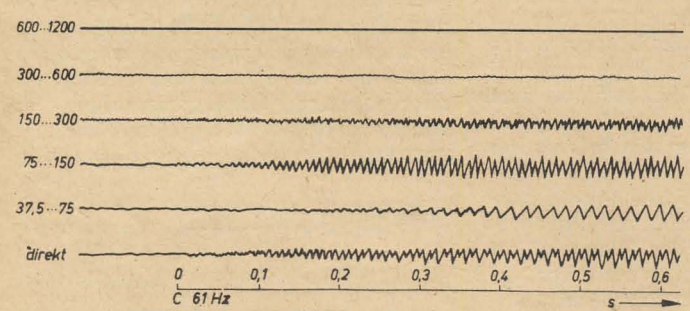


Bild 4: Klangeinsatz des Prinzipal 8′ auf Taste C bei einem einmaligen isolierten Tastenanschlag

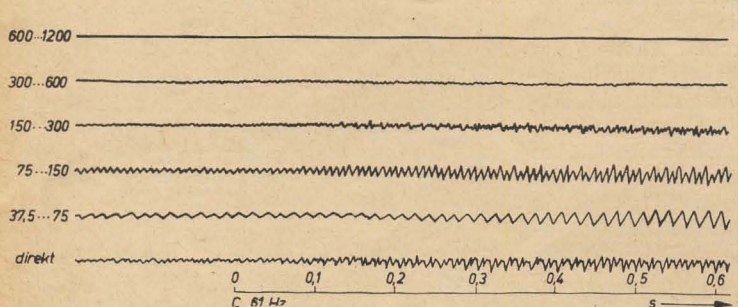


Bild 5: Klangübergang des Prinzipal 8′ auf Taste C bei einem unmittelbar wiederholten Tastenanschlag

Hierbei ist zu bemerken, daß der siebente Teilton etwas tiefer als das normale b in der temperierten Stimmung liegt. Mittels Oktavsieboszillogrammen wurde festgestellt, daß der Klangeinsatz gemäß Bild 4 folgendermaßen vonstatten geht: Zuerst erscheinen die höchsten Teiltöne in etwa 0,05 bis 0,1 s, dann die mittleren Teiltöne in etwa 0,2 bis 0,3 s, und erst nach etwa 0,6 s hat der erste Teilton (Grundton) 80% der Endamplitude erreicht. Diese Erscheinung ist typisch für den Klangeinsatz von Labialpfeifen. Besonders in tiefer und mittlerer Tonlage ist dieses Ansprechen auffällig. Es dauert stets geraume Zeit, bis sich die periodische Wirbelablösung an der Schneide (Oberlabium) endgültig ausgebildet hat und dementsprechend die stationäre Klangverteilung aufgebaut ist. Obigem Beispiel liegt das Register „Prinzipal 8′" einer Arp-Schnittger-Orgel zugrunde. Andere Labialregister zeigen mit geringen Abweichungen ähnliche Erscheinungen.

Dies alles gilt jedoch nur für einen einmaligen isolierten Tonanschlag. Es entsteht nun die Frage, wie weit sich der extrem langsame Einsatz des Grundtones bei Labialpfeifen auf die Klangübergänge beim Orgelspiel auswirkt. Messungen haben ergeben, daß bei Übergängen zwischen dicht aufeinander folgenden Tonanschlägen der gleichen Taste der Grundton und natürlich auch die höher liegenden Teiltöne sehr viel rascher aufgebaut werden als bei einem einmaligen, völlig isolierten Anschlag. Es wurde festgestellt, daß nach Schließung des Ventils der Schall aus raumakustischen Gründen verhältnismäßig langsam abklingt. Bei Beginn des nächsten Tonanschlages (Bild 5) sind im Innern der Pfeife noch Schwingungen merklicher Amplitude vorhanden, die den Aufbau der periodischen Wirbelfolge schneller erfolgen lassen als im Fall eines einmaligen isolierten Anschlages. Diese Zusammenhänge sind aus den Bildern 4 und 5 ersichtlich.

Zusammenfassend ist also folgendes festzustellen:

Die am Anfang herausspringenden höheren Teiltöne bleiben im Verlauf des Klanges erhalten, die tieferen Teiltöne, insbesondere der Grundton, treten erst allmählich hinzu. Das Schwergewicht der spektralen Verteilung liegt also zu Beginn des Schallvorganges bei höheren Frequenzen, und erst später wird dann der für den stationären Klang nötige, im tieferen Frequenzgebiet liegende Zustand erreicht. Normalerweise erfolgt diese Art des Klangeinsatzes mit gewissen zeitlichen Unterschieden bei allen Labialpfeifen. Die Klangübergänge beim Anschlagen der gleichen Taste in schneller Folge ändern diese Verhältnisse insofern, als der Grundton und die mittleren Teiltöne schneller aufgebaut werden als bei einmaligem isolierten Anschlag. Da die Register höherer Tonlagen schneller ansprechen als diejenigen der Grundregister in der 16′- und 8′-Tonanlage, ist es möglich, nicht nur stationäre Klangfarben herzustellen, sondern in Verbindung damit auch die Klangeinsätze auszugestalten [3].

Diese Erscheinungen wurden zuerst an Barockorgeln festgestellt. Genaue Untersuchungen an Silbermann- und Schnittger-Orgeln ergaben, daß der Einfluß der Ladenarten auf den Klang von großer

[1]) Siehe auch RADIO UND FERNSEHEN Nr. 22 (1955) S. 680 ff. „Grundlagen der elektronischen Klangerzeugung".

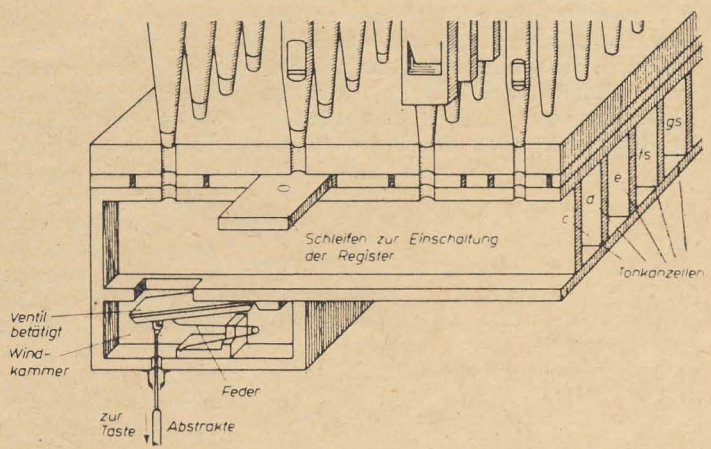


Bild 6: Tonkanzellenlade (nach W. Lottermoser)

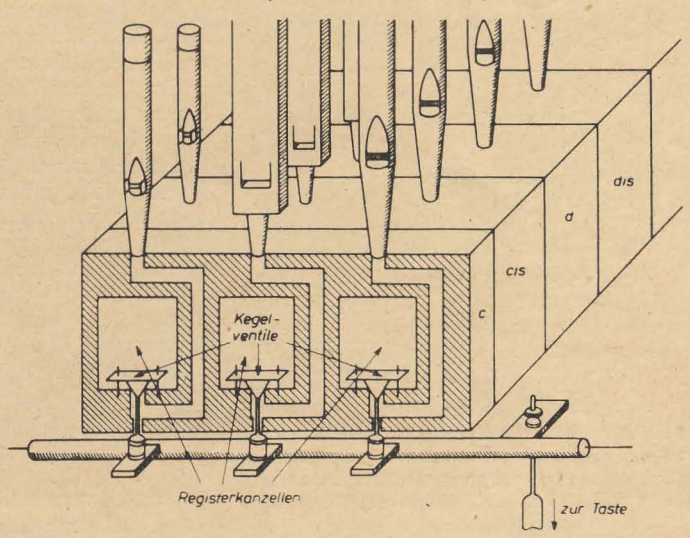


Bild 7: Registerkanzellenlade (nach W. Lottermoser) →

Bedeutung ist. In der Praxis werden zwei Ladenarten verwendet, die sogenannte Tonkanzellenlade (auch Schleiflade genannt) und die Registerkanzellenlade (Bilder 6 und 7). Bei der Tonkanzellenlade sitzen alle Pfeifen, die zu einer Taste gehören, auf der Tonkanzelle. Wird nun das Tastenventil durch Tastendruck geöffnet, so strömt aus der Windkammer, die ständig unter Druckluft steht, Luft in die Tonkanzelle und füllt diese. Die auf der Tonkanzelle sitzenden Pfeifen können aber nur dann tönen, wenn die Windführung zum Pfeifenfuß geöffnet ist. Hierzu dienen die sogenannten Schleifen, die mit Löchern versehen sind, und die mit den entsprechenden Löchern im Tonkanzellendeckel (auch Pfeifenstock genannt) korrespondieren. Dies ist jedoch nur dann der Fall, wenn die Schleife durch Registerzug vom Spieltisch aus eingeschaltet ist, so daß sich die Löcher in der Schleife und im Pfeifenstock decken. Mit einer Schleife werden nur die Pfeifen gleicher Registerart eingeschaltet.

Bei der Registerkanzelle dagegen sind alle Pfeifen, die zu einem Register gehören, auf einer besonderen Lade montiert. Wird ein Register im Spieltisch gezogen, so füllt sich die ganze Registerkanzelle mit Druckluft, obwohl noch kein Tastenventil geöffnet ist. Jede Pfeife hat ein eigenes Ventil, das von der Taste gesteuert wird und den Weg zur Pfeife freigibt.

Klanglich ergeben sich zwischen beiden Ladenarten aber bemerkenswerte Unterschiede. I. R. Hausmann hat den Versuch gemacht, die gleiche Pfeife auf beiden Ladenarten zu betreiben. Dabei wurde die zeitliche Entwicklung der Teiltonamplituden nach Öffnung des Tastenventils gemessen (Bild 8). Es wurde hierbei festgestellt, daß die Pfeife auf der Registerkanzelle schneller einschwingt

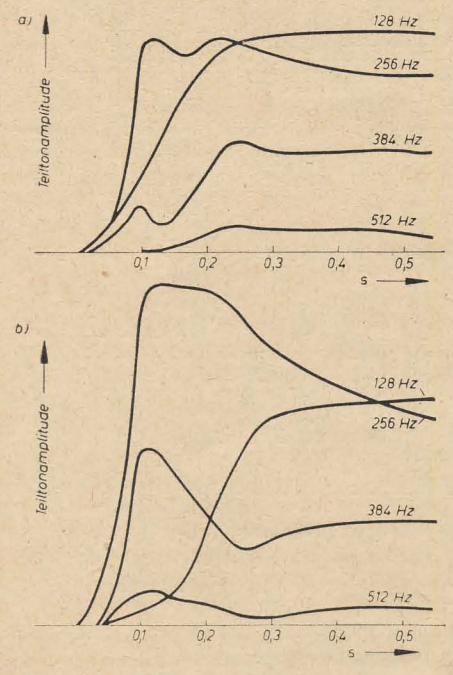


Bild 8: Aufbau der Teiltöne: a) bei Tonkanzelle, b) bei Registerkanzelle. Die Unterschiede im Ansprechvorgang werden besonders beim 2., 3. und 4. Teilton deutlich (nach I. R. Hausmann)

als auf der Tonkanzelle. Nach dem Tastenanschlag muß sich bei der Tonkanzelle zunächst der ganze Kanzellenraum mit Druckluft füllen, bevor der notwendige Betriebsdruck für die Pfeife am Pfeifenfuß erreicht ist. Der nach Öffnen des Tastenventils anfangs zu geringe Luftdruck reicht gerade dazu aus, bestimmte Teiltöne höherer Ordnung zu erzeugen, bis bei ausreichendem Luftdruck der Grundton hinzutritt. Durch die geschilderte Art des Luftanstieges können bei der Tonkanzelle in Verbindung mit geeigneter Intonation der Pfeifen eigenartige und bemerkenswerte Einschwingvorgänge erzielt werden, die in hohem Grade zur Lebendigkeit der Tongebung und zur Abgrenzung schneller Tonfolgen beitragen. Dies ist z. B. bei den Barockorgeln (Silbermann, Schnittger, Stellwagen usw.) der Fall, da diese Zeitepoche eine andere Pfeifensteuerung noch nicht kannte.

Die Registerkanzelle dagegen ist bereits schon durch Ziehen des Registers mit Luft angefüllt, so daß die Luft nur noch durch den kurzen Kanal zwischen dem Tastenventil und dem Fußloch der Pfeife zu strömen braucht. Hierdurch spricht die Pfeife eher an, so daß der Aufbau der Teiltöne schneller vonstatten geht [4].

Die elektronische Nachbildung von Ausgleichsvorgängen

In elektronischen Musikinstrumenten ist die Nachbildung von Ausgleichsvorgängen das schwierigste Problem. Untrennbar damit verbunden ist die Tastung der Töne selbst. Eine ideale Lösung wurde bisher nicht erzielt. Das liegt zum Teil auch daran, daß der Verkaufspreis zum Beispiel einer Elektronenorgel auf jeden Fall erheblich niedriger sein soll als der einer Pfeifenorgel. Die merkantile Überbetonung dieses Punktes führte notwendigerweise zu Kompromißlösungen, die stark auf Kosten der Klangqualität des Instrumentes gehen und die Verwendung desselben als Kunstinstrument ausschließen. Hierzu gehört vor allem der Verzicht auf synthetische Nachbildung von Ausgleichsvorgängen. Um diesen entscheidenden Mangel zu verdecken, hat man der Elektronenorgel, ähnlich der Kinoorgel, ein künstliches Vibrato gegeben. Diese neue elektrische „Plüschseele", die Ausdruck und Gemüt vortäuschen soll, ist aber ein falsches Mittel, um aus diesem Dilemma herauszukommen. Es ist im Gegenteil entscheidend wichtig, in die materielle Beschaffenheit des elektrischen Klanges mit den richtigen Mitteln hineinzukommen [5].

Es sind in der letzten Zeit Schaltungsanordnungen bekannt geworden, mit denen Ausgleichsvorgänge in guter Annäherung an traditionelle Musikinstrumente erzielt werden können. Diese als Tastsysteme bezeichneten Anordnungen haben zwei Funktionen gleichzeitig auszuüben. Erstens sollen sie die Töne tasten, also zu Gehör bringen, und zweitens die Ausgleichsvorgänge erzeugen bzw. steuern. Die dabei unter Umständen auftretenden Tastknackstörungen müssen auf jeden Fall vermieden werden. Bei Anwendung von Hochvakuumröhren in Eintaktschaltungen als Steuerelemente entstehen bei kurzzeitigen Ausgleichsvorgängen donnerartige Bumsgeräusche im Lautsprecher. Die Unterdrückung dieser Bumsgeräusche muß ebenfalls erreicht werden und stellt ein nicht ganz einfaches Problem dar.

Bevor nun die eigentlichen elektronischen Mittel zur Darstellung von Ausgleichsvorgängen beschrieben werden, ist zunächst eine kurze Betrachtung der Tonerzeuger notwendig. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Tongeneratoren, und zwar den Kurztongenerator und den Dauertongenerator. Mit Kurztongeneratoren werden alle Tongeneratoren bezeichnet, die im Moment des Tastens vom Ruhezustand in den betriebsmäßigen Zustand versetzt werden, der so lange anhält, wie die Taste gedrückt wird. Dabei ist es gleichgültig, welche Schwingungsform erzeugt wird. Beim Loslassen der Taste wird der Ruhezustand wieder hergestellt. Die Dauertongeneratoren dagegen befinden sich immer im Betriebszustand, d. h., daß die Tonfrequenzen ständig erzeugt werden, und zwar solange, wie das Instrument eingeschaltet ist.

Die Grundschaltungen zur Erzeugung von Ausgleichsvorgängen

Der Kurztongenerator

Bild 9 zeigt die Schaltung eines Kurztongenerators der Connsonata-Orgel[1]). Dieser Tongenerator arbeitet als selbstschwingender Oszillator in Dreipunktschaltung. Das Gitter des Oszillators ist im ungetasteten Zustande über zwei Widerstände von 470 kΩ und 100 kΩ mit einer negativen Gittervorspannung verbunden, deren Spannung ausreichend ist, um Anodenstromsperrung zu erreichen.

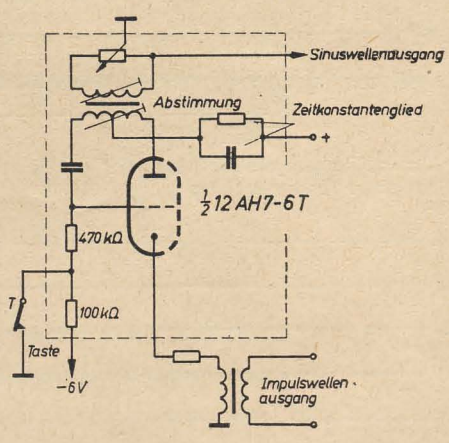


Bild 9: Kurztongenerator der Connsonata-Orgel

Wird eine Manual- bzw. Pedaltaste gedrückt, so wird ein Tastschalter betätigt, der das Gitter der Röhre über 470 kΩ erdet. Die Sperrung der Röhre wird hierdurch ohne merkliche Belastung der Gittervorspannungsquelle aufgehoben, so daß der Oszillator schwingen kann. Die Anodenspannung wird der Anzapfung der Primärwicklung des Schwingkreistrafos über ein entsprechend bemessenes RC-

[1]) Siehe auch RADIO UND FERNSEHEN Nr. 4 (1956) S. 107.

Zeitkonstantenglied zugeführt. Dieses Zeitkonstantenglied sorgt in Verbindung mit dem Schwingkreis für einen besonders weichen Schwingungseinsatz. Die dadurch erzielten monotonen Einschwingvorgänge entsprechen zwar keineswegs den tatsächlichen Verhältnissen einer Orgelpfeife im Einschwingvorgang, ergeben aber wenigstens ein knackfreies Tasten. An der Sekundärwicklung des Schwingkreistrafos wird eine Sinuswelle abgenommen, während der Katodenausgang eine Impulswellenform liefert, die in einem Impulstransformator differenziert wird. Um nun musikalische Klangfarben zu erhalten, werden beide Wellenformen Mischstufen zugeführt, in denen die Klänge geformt werden.

Die Schaltung eines anderen Kurztongenerators wird im Bild 10 gezeigt. Dieser Generator findet in einigen Modellen der amerikanischen Allen-Orgel Anwendung. Für jeden Ton jedes Manuals und des Pedals ist eine solche Schaltung erforderlich. Verwendet wird die Doppeltriode ECC 82, so daß eine Röhre zwei Töne erzeugt. Der Oszillator arbeitet in Hartley-Schwingschaltung mit kalter Anode. Die Ausgangsleistung wird an der Verbindungsstelle der Gitterkombination

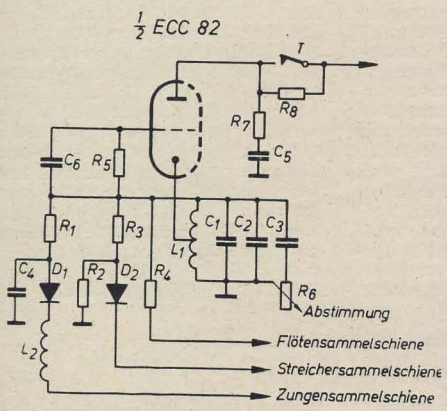


Bild 10: Kurztongenerator der Allen-Orgel

C_6, R_5 und des Schwingkreises L_1, C_1, C_2, C_3 abgenommen. Zwei dieser Schwingkreiskondensatoren liegen innerhalb des Oszillatorchassis, während der dritte Kondensator über zwei Klemmen an der außen befindlichen Schaltleiste des Chassis angeschlossen ist. Der Oszillator ist mit dem regelbaren Widerstand R_6 innerhalb eines Bereiches von etwa einem Halbton abstimmbar. Um eine Unstabilität des Oszillators durch Temperatureinflüsse usw. zu vermeiden, ist der Abstimmbereich sehr eng gewählt. Sollte sich ein größerer Abstimmbereich ergeben, so muß C_3 an der Schaltleiste entsprechend ausgewechselt werden. Um veränderliche Kondensatoren zu vermeiden, wird die Abstimmung mit dem Regelwiderstand R_6 in Verbindung mit dem Festkondensator C_3 vorgenommen. L_1 ist entgegen der sonst üblichen Praxis eine Luftspule, um eine hohe Güte ϱ zu erzielen. Der Oszillator arbeitet dadurch sehr stabil. Die Fa. Allen garantiert für eine Frequenzkonstanz von einem Jahr. Dies bedeutet, daß die Orgel nur einmal im Jahr gestimmt zu werden braucht. Bei der Vielzahl der einzeln abzustimmenden Tongeneratoren ist dies von besonderer Bedeutung.

Solange nun die Taste T im Bild 10 nicht gedrückt ist, kann auch der Oszillator nicht schwingen, obwohl über den hochohmigen Widerstand R_8 ein bestimmter Reststrom dauernd fließt. Dieser geringe Strom reicht zwar nicht aus, um den Oszillator zum Schwingen anzuregen, verlängert aber die Emissionsfähigkeit der Röhre erheblich. Wird nun der Tastschalter geschlossen, so gelangt über eine nicht dargestellte RC-Kombination die Anodenspannung zur Anode der Röhre. Diese RC-Kombination sorgt wieder dafür, daß der Schwingungseinsatz allmählich vonstatten geht und die Ausgangsleistung ebenfalls im gleichen Zeitintervall von Null aus bis zur Endamplitude ansteigt. Es wird also ein monotoner Einschwingvorgang erzielt. Bei Beendigung des Tastvorganges reißen nun die Schwingungen nicht etwa plötzlich ab, da C_5 beim Tasten fast auf die volle Anodenspannung aufgeladen ist und diese aufgespeicherte Energie über den Widerstand R_7 allmählich abgibt. Hierdurch wird ein Ausschwingvorgang erreicht.

Die erzeugte Sinuswelle gelangt über R_4 zur Flötensammelschiene, an der auch die Ausgänge aller anderen Oszillatoren gleicher Fußlage angeschlossen sind. Zur Erzeugung von streicherähnlichen Klängen wird die Sinuswelle über R_3 einer Kupferoxyduldiode D_2 zugeführt. Diese Diode verzerrt die Sinuswelle derart, daß eine Wellenform mit starkem harmonischen Inhalt entsteht. Diese verzerrte Sinuswelle wird nun einer Sammelschiene zugeführt, die in Übereinstimmung mit der Flötensammelschiene die Ausgänge der anderen Oszillatoren vereinigt.

Ein dritter Widerstand R_1 und eine Diode D_1 dienen zur Erzeugung von Zungenstimmen, die ebenfalls sehr obertonreich sind, jedoch einen bestimmten Teil des Spektrums hervorheben. Diese Formantbildung wird mittels C_4 und L_2 erreicht. Eine solche Formanteinheit ist für jeden Ton notwendig.

Der Dauertongenerator

In vielstimmigen elektronischen Musikinstrumenten, z. B. Orgeln, kommt dem Dauertongenerator eine besondere Bedeutung zu. Dies ist vor allem dadurch begründet, daß es große Schwierigkeiten bereitet, eine Vielzahl von einzeln abgestimmten Tongeneratoren über einen größeren Zeitraum in ihrer Frequenz konstant zu halten. Es werden daher vorzugsweise Dauertongeneratoren verwendet, die als Frequenzteilerketten aufgebaut sind. Hierbei sind nur an den Tongenerator, der die höchste Frequenz der Teilerkette erzeugt, besondere Anforderungen zu stellen. Dieser Tongenerator wird auch als Mutter- bzw. Stammgenerator bezeichnet und steuert durch phasenstarre Abwärtssynchronisierung im Verhältnis 2 : 1 die erste Teilerstufe. Jede weitere Teilerstufe wird dann von der vorherigen Teilerstufe ebenfalls phasenstarr synchronisiert. Hiermit werden also die Suboktaven des Muttergenerators erzeugt. Der Muttergenerator wird zweckmäßigerweise als Sinusschwinger mit einem hochwertigen LC-Kreis aufgebaut, wobei der Schwingkreis noch temperaturkompensiert wird. Die Anodenspannung kann einem stabilisierten bzw. elektronisch geregelten Netzgerät entnommen werden. Die hohen Forderungen an Frequenzkonstanz brauchen also nur noch an die zwölf Muttergeneratoren entsprechend der zwölfstufigen chromatischen Tonleiter gestellt zu werden. Alle übrigen Tongeneratoren werden durch die phasenstarre Synchronisierung in ihrer Frequenz konstant gehalten. Das Einstimmen des Instruments ist dadurch sehr einfach und schnell durchzuführen, da es sich lediglich um ein Abstimmen der zwölf Muttergeneratoren handelt.

Da, wie bereits erwähnt, die Dauertongeneratoren ihre Frequenzen ständig erzeugen, muß also mit anderen Mitteln eine Steuerung der Ausgleichsvorgänge vorgenommen werden. Die klassische Grundschaltung einer solchen Steueranordnung mit einer Hochvakuumröhre ist im Bild 11 dargestellt. Die Wechselspannung des Tongenerators liegt ständig am Gitter der Regelröhre. Dieses Gitter erhält über die beiden Widerstände von 1 MΩ und 3 MΩ eine hohe negative Gittervorspannung, so daß die Röhre völlig gesperrt ist. An der Verbindungsstelle dieser beiden Widerstände ist einerseits ein Kondensator bestimmter Kapazität angeschaltet, dessen anderer Anschluß an Masse liegt. Andererseits ist an dieser Verbindungsstelle noch ein Widerstand von 1 MΩ angeschaltet, der zum Tastschalterkontakt der entsprechenden Taste führt.

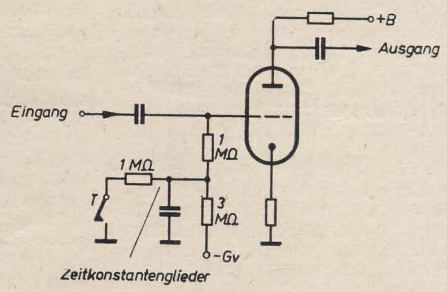


Bild 11: Klassische Grundschaltung einer Regelstufe

Diese Schaltungsanordnung arbeitet nun folgendermaßen: Ist die Taste nicht gedrückt, so liegt, wie bereits oben gesagt, die volle negative Vorspannung am Gitter der Regelröhre. Dieselbe ist also gesperrt, so daß die dauernd am Gitter liegende Tonspannung des Tongenerators an der Anode nicht auftreten kann. Gleichzeitig ist auch der Kondensator an der Verbindungsstelle der beiden Widerstände von 1 MΩ und 3 MΩ auf diese Vorspannung aufgeladen. Wird nun die Taste gedrückt, so wird der Widerstand von 1 MΩ über den Tastschalterkontakt an Masse gelegt. Es entsteht dadurch ein Spannungsteiler, gebildet von den Widerständen 1 MΩ und 3 MΩ, der die wirksame negative Gittervorspannung im Spannungsteilerverhältnis reduziert. Der Kondensator, der ebenfalls das Potential der Vorspannung im ungetasteten Zustande aufweist, sorgt dafür, daß dies nicht plötzlich geschieht. Liegt der Widerstand von 1 MΩ

Nachrichten und Kurzberichte

▼ **250 Jahre** besteht Europas älteste öffentliche Ingenieurschule, die Technische Hochschule in Prag, an der Prof. Karl Domalip im Jahre 1884/85 erstmals auch Vorlesungen über Elektrotechnik abhielt. Nach dem weiteren Ausbau des Unterrichtes in Elektrotechnik unter Leitung der Professoren Karl Novák und Ludwig Simek — theoretische und experimentelle Elektrotechnik sowie Hochfrequenztechnik — wurde die Fakultät für Maschinenbau in den Jahren 1910/11 in die Abteilungen Maschinenbau und Elektrotechnik getrennt. Eine selbständige elektrotechnische Fakultät wurde im Jahre 1950 errichtet.

▼ **Der Grundstein** für eine neue Produktionsstätte des VEB Intron, Werk für industrielle Elektronik, wurde Anfang Juni in Anwesenheit des stellvertretenden Ministers für Allgemeinen Maschinenbau, Rudi Müller, in Leipzig gelegt. 550 000 DM Investmittel stehen für den ersten Bauabschnitt, die Errichtung eines Flachbaues in diesem Jahr, zur Verfügung.

▼ **Die IEC tagt** vom 2. bis 12. Juli d. J. in Moskau. Vertreter von etwa 30 Ländern werden u. a. internationale Normen und Empfehlungen für elektrische Ausrüstungen und Rundfunkgeräte ausarbeiten.

▼ **Radioaktive Isotope** für den Arbeitsschutz im Bergbau.
Neue tragbare Geräte zur Bestimmung des Kohlenstaubgehalts der Luft in den Schächten mit Hilfe radioaktiver Isotope sind im Institut für Bergbausicherheit in Makejewka (Donbaß) entwickelt worden. Ein besonderer Vorteil gegenüber den bisher üblichen Methoden, die Untersuchung von Luftproben in den Laboratorien über Tage, ist die direkte Messung in den Schächten.

▼ **Berichtigung** für Nr. 12 (1957): Wir bitten, die Fußnote [1]) in der dritten Zeile der rechten Spalte auf Seite 378 in [2]) abzuändern.
Dozent Dr. med. habil. Udo Köhler, aufgeführt im Autorenverzeichnis auf S. 361, ist Oberarzt an der I. Medizinischen Klinik der Martin-Luther-Universität, Halle.

Neue Frequenzen für die Fernsehsender Brocken und Leipzig

Nach der Umstellung auf den Bild-Ton-Abstand 5,5 MHz sendet der Fernsehsender Brocken ab 6. 7. 1957 auf der Frequenz 182,25 MHz (Bild) und 187,75 MHz (Ton) im Band III, Kanal 6 (CCIR). Hiermit werden zugleich die im Versorgungsbereich des Fernsehsenders Inselsberg durch den Tonsender des Fernsehsenders Brokken aufgetretenen Bildstörungen beseitigt.
Der Fernsehsender Leipzig wird ab 3. 7. 1957 mit 5,5 MHz Bild-Ton-Abstand vorläufig auf der Frequenz 59,25 MHz (Bild) und 64,75 MHz (Ton) zu empfangen sein.
Ihren offiziellen Sendebetrieb haben die Fernsehsender in Berlin (175,25 MHz Bild, 180,75 MHz Ton, Band III, Kanal 5, CCIR) und Helpter Berg im Bezirk Neubrandenburg (55,25 MHz Bild, 60,75 MHz Ton, Band I, Kanal 3, CCIR) am 15. Juni 1957 aufgenommen.

Fernsehverbindung Prag — Bratislava

Die Arbeiten an einer Relaisstrecke zur Verbindung der Fernsehsender Prag und Bratislava sind soweit vorgeschritten, daß bereits im IV. Quartal d. J. die vom Sender Bratislava versorgten Fernsehteilnehmer auch das Prager Programm empfangen können. Das tschechoslowakische Fernsehen nahm am 1. April d. J. mit 97 577 Teilnehmern in bezug auf die Teilnehmerzahl den achten Platz unter den 22 europäischen Fernsehländern ein.

In Budapest

montieren Fachleute vom VEB Stahl- und Montagebau Berlin und dem VEB Funkanlagenbau die Antenne für einen aus der DDR gelieferten 30-kW-Fernsehsender. Die Übergabe der Anlage ist für Dezember d. J. vorgesehen.

Rückt das weltumspannende Fernsehen näher?

Auch aus den USA ist jetzt ein Projekt für die Fernsehübertragung durch künstliche Raumsatelliten bekannt geworden. Wir berichteten in Nr. 3 (1957) S. 74, bereits über ein ähnliches Projekt aus der Sowjetunion. Ein vom Raketenforscher R. P. Haviland der General Electric ausgearbeiteter Grundplan sieht vier Satellitenstationen vor, die sich in einem Abstand von etwa 6000···7000 km über der Äquatorzone der Erde im gleichen Abstand bewegen, so daß jeweils ein Satellit in jedem Augenblick von jedem Punkt eines bestimmten Erdgebietes aus sichtbar sein würde. Ein Fernsehsignal könnte dann von jeder Bodenstation dieses Gebietes aus zum nächsten Satelliten übertragen werden und von hier aus weiter von Satellit zu Satellit, von wo es an einem bestimmten Standort wieder einer Empfangsstation auf der Erde zugeleitet würde. Jeder Satellit müßte mit einem Empfänger und einem Sender ausgerüstet sein. Die wichtigste Ausrüstung der Bodenstation wäre eine riesige Richtantenne.

Ein Radar-Rechengerät

zur Ermittlung von Geschützstellungen wurde von der Nachrichtentruppe der amerikanischen Armee in Zusammenarbeit mit der General Electric entwickelt. Die von dem ausgesendeten Radarstrahl erfaßten Flugbahnen feindlicher Artilleriegeschosse werden auf dem Anzeigeschirm registriert. Auf diese Registrierstellen eingestellte Fadenkreise ermöglichen eine direkte Koordinatenablesung der Feuerstellung. Diese Information wird an die eigene Artillerie weitergegeben. Die Einschlagspunkte der Geschosse von der eigenen Artillerie können mit Hilfe der Radareinrichtung ebenfalls abgelesen werden, womit die Möglichkeit einer Korrektur der Richtung des Gegenfeuers gegeben ist. Die ganze Einrichtung ist transportabel und in fünf bis zehn Minuten einsatzbereit.
Aus „Electronics" Nr. 3 (1957)

Auswertung sowjetischer Fachliteratur in den USA

Etwa 20 000 Dollar jährlich wird die amerikanische National Science Foundation in Zukunft laut Mitteilung der Geschäftsausgabe der „Electronics" für die Übersetzung der drei führenden sowjetischen Fachzeitschriften auf dem Hochfrequenzgebiet, „Radiotechnik und Elektronik", „Fernmeldewesen" und „Radiotechnik", ins Englische ausgeben. Diese kostspielige Übersetzungsarbeit wird von dem amerikanischen Ingenieur Paul Green mit folgenden Worten begründet: „In der Sowjetunion wird auf dem elektronischen Gebiet gute Arbeit geleistet, die sich ständig vervollkommnet. Die amerikanischen Ingenieure werden gut daran tun, sich mit den Arbeiten der Russen auseinanderzusetzen."

Als großes Problem

bezeichnet der Pressechef der Consolidated Electrodynamics Corp., USA, Mr. John L. Kent, die Herausgabe von technischen Firmenmitteilungen und Schriften und macht Industrie und Hochschulen für den Mangel an Fachschriftstellern verantwortlich. Die Ingenieur- und Hochschulen sollten nach seiner Meinung mehr Wert auf das Ausarbeiten technischer Schriften legen, während die Industrie den Fachschriftstellern bessere Unterlagen und Hinweise für ihre Arbeit geben muß. „Darüber hinaus fehlt Literatur über Stillehre, und das Schrifttum vieler Firmen wird meist nur nach den Ideen ihrer Pressechefs gestaltet."

Aus der amerikanischen Statistik über die Transistorentwicklung

Beim Joint Electron Tube Engineering Council waren bis Ende 1956 164 Transistortypen von 14 amerikanischen Firmen registriert, wovon mehr als die Hälfte auf die Firmen General Electric, Texas Instruments, RCA, Sylvania und CBS-Hytron entfallen. Über 90 sind pnp-Typen, 55 npn-Typen, der Rest Spitzentransistoren. Es dominieren Transistoren für Hörhilfen und Endstufen sowie Schalttransistoren. Fachleute erwarten auch weiterhin eine beachtliche Aufwärtsentwicklung der Transistortechnik. So rechnet Sylvania, deren Transistorenproduktions- und -absatzziffern diejenigen von 1955 im vergangenen Jahr etwa das Zehnfache übertrafen, für 1957 mit einem fünfmal so hohen Absatz im Vergleich zu 1956. Die Gesamtindustrieproduktion an Transistoren für 1957 wird mit 30 Millionen Stück (!) angegeben.

---

durch Tastung über den Tastschalterkontakt an Masse, so entlädt sich der Kondensator über diesen Widerstand in einer Zeitdauer, die dem RC-Verhältnis des Widerstandes und des Kondensators entspricht, und zwar solange, bis das Potential der reduzierten Gittervorspannung, gebildet aus dem Spannungsteilerverhältnis der Widerstände 1 MΩ und 3 MΩ, erreicht ist. Dies ist aber der normale Arbeitspunkt der Regelröhre. Es muß allerdings noch berücksichtigt werden, daß der Kondensator während des Entladevorganges über den 1-MΩ-Widerstand gleichzeitig auch über den 3-MΩ-Widerstand geringfügig nachgeladen wird. Dadurch wird der Entladevorgang etwas verzögert, so daß die errechnete Entladezeit des RC-Zeitkonstantengliedes scheinbar vergrößert wird. Durch die zeitlich bedingte Reduzierung der Gittervorspannung wird die Regelröhre im vorher bestimmten Maße langsam geöffnet, so daß an der Anode die dauernd am Gitter liegende Tonspannung im gleichen Zeitablauf erscheint.
Somit ist also ein monotoner, d. h. gleichförmig ansteigender elektronischer Einschwingvorgang erzielt worden. Beim Loslassen der Tontaste bildet nun der 3-MΩ-Widerstand zusammen mit dem Kondensator ebenfalls ein Zeitkonstantenglied, das in diesem Fall allein bestimmend für das Schließen der Regelröhre ist und die Dauer des Ausschwingvorganges bestimmt.

Literatur zum Teil 1

[1] F. Winkel: Klangstruktur der Musik, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde, 1955.

[2] F. Winkel: Klangwelt unter der Lupe, Max-Heß-Verlag, Berlin und Wunsiedel, 1952.

[3] F. Trendelenburg, E. Thienhaus, E. Franz: Klangeinsätze an der Orgel, Akustische Zeitschrift 1936/II. Klangübergänge bei der Orgel, Akustische Zeitschrift 1938/I.

[4] W. Lottermoser: Klangstruktur der Musik, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde, 1955.

[5] H. Eimert: Elektronische Musik, Technische Hausmitteilungen des NWDR, Nr. 1/2 (1954).

WERNER TAEGER

Technische Merkmale neuer Fernsehempfänger

Gedruckte Schaltung und Tauchlötung • Nachbarkanalselektion 1 : 1000
Helligkeit-Kontrast-Automatik • Klarzeichner

Auf der diesjährigen Industriemesse fiel das große Angebot der verschiedenartigsten Fernsehempfängertypen auf. Es ist interessant festzustellen, daß die Mehrzahl der Geräte mit Bildröhren mit einer Diagonale größer als 43 cm ausgerüstet sind. Neben 53-cm-Bildröhren findet man auch in einigen Empfängern 61-cm-Röhren.

Die Tunerschaltung wird durch die steile Kaskoderöhre PCC 88 bestimmt und als kombinierter Mischer-Oszillator die PCF 80 bzw. 82 benutzt. Mit diesen Röhren lassen sich Empfänger mit sehr großer Eingangsempfindlichkeit herstellen, die nach Angaben der Hersteller in Entfernungen bis 50 km vom Sender einwandfreien Fernsehempfang mit der eingebauten Behelfsantenne gestatten.

Auch an anderen Stellen der Schaltung sind wesentliche Verbesserungen zu verzeichnen, die zu erheblicher Gütesteigerung des Fernsehbildes führen. Erwähnt sei hier der „Klarzeichner", über den an späterer Stelle dieses Berichtes zu sprechen sein wird.

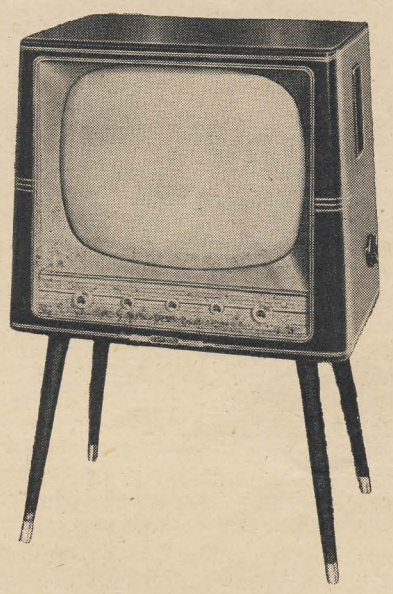


Bild 1: Fernsehempfänger „Imperial FET 621 S" der Continental-Rundfunk GmbH

Die Continental-Rundfunk GmbH, Osterode/Harz, brachte die beiden neuen Fernsehempfänger „Imperial FET 621 S" (Bild 1) und „FES 621 H" (Bild 2) heraus. Beim ersten Gerät handelt es sich um einen Empfänger mit abschraubbaren Füßen, der sowohl als Tisch- wie auch als Standgerät benutzt werden kann. Der zweite Typ ist ein Schrankgerät mit verschließbaren Türen. Beide Fernsehempfänger sind mit der metallhinterlegten 53-cm-Bildröhre MW 53-80 in 90°-Weitwinkeltechnik ausgerüstet und besitzen das gleiche Chassis. Der Tuner ist mit der Doppeltriode PCC 88 und der Verbundröhre PCF 82 bestückt. Auf den Kanalwähler folgt ein vierstufiger ZF-Verstärker (4 × EF 80), der zur Erzielung einer hohen Nachbarkanalselektion entsprechend den immer größer werdenden Trennschärfeforderungen besonders sorgfältig dimensioniert wurde. Auf die Vermeidung von Laufzeitverzerrungen im ZF- und Videoverstärker wurde großer Wert gelegt. Die Videostufe ist als gegengekoppelter Verstärker entwickelt worden. Durch eine regelbare, frequenzabhängige Gegenkopplungsschaltung ist eine Anpassung des Videoverstärkers an die vom Sender abgestrahlte Frequenzkurve möglich. Die Synchronisation in horizontaler und vertikaler Richtung wurde im weitesten Maße störunempfindlich gemacht.

Die Empfänger sind mit 18 Röhren sowie einem Selenblockgleichrichter bestückt und als Allstromempfänger für 220 V gebaut. Besonderer Wert wurde auch auf eine gute Klangwiedergabe gelegt. Eine sorgfältig dimensionierte ZF-Stufe im Tonkanal sowie drei Lautsprecher in Raumklanganordnung sorgen für ausgezeichnete Tonwiedergabe. Beide Empfänger sind mit einer eingebauten Gehäuseantenne ausgerüstet, und es besteht Anschlußmöglichkeit für Außenlautsprecher und Fernbedienung für Lautstärke und Helligkeit. Eine spätere Erweiterung auf Deziempfang ist vorgesehen.

Bei der Serienfertigung der Fernsehempfänger der Blaupunkt-Werke, Hildesheim, werden dieselben Toleranzen eingehalten, die für Fernsehmeßempfänger vorgeschrieben sind. Infolge enger Tolerierung wird eine besonders große Gleichmäßigkeit der Seriengeräte untereinander erreicht.

Blaupunkt legt besonderen Wert auf eine einwandfreie Konturenschärfe unter gleichzeitiger Vermeidung von Fahnenbildung und erreicht das durch eine extreme Amplituden- und Phasenlinearität des ZF- und Videoteils der Empfänger.

Besonders interessant ist das Blaupunkt-Spitzengerät „Toskana", das teilweise in Automation hergestellt wird und einen vertikalen Chassisaufbau besitzt, wodurch nach Abnahme der Rückwand alle Röhren und die meisten größeren Einzelteile zugänglich sind (Bild 3). Bei diesem Fernsehempfänger wird erstmals die gedruckte Schaltung angewendet, durch deren Anwendung im Zusammenwirken mit Tauchlötung 90% der Fehler vermieden werden, die durch Verschalten oder Lötstellen entstehen können. Die gedruckte Schaltungstechnik[1]) hat nicht nur den Vorzug, höchste Betriebszuver-

[1]) Siehe auch RADIO UND FERNSEHEN Nr. 11 (1957), S. 323 ff. „Die Technik der gedruckten Schaltungen".

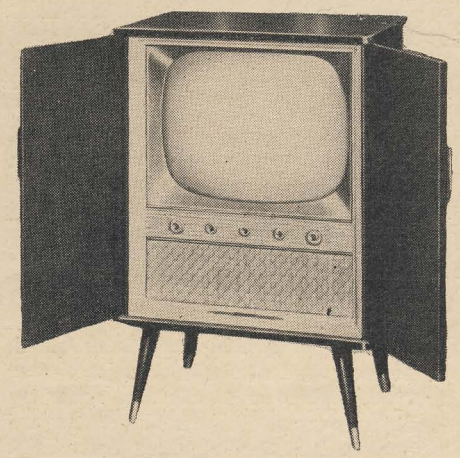


Bild 2: Fernsehempfänger „FES 621 H" der Continental-Rundfunk GmbH

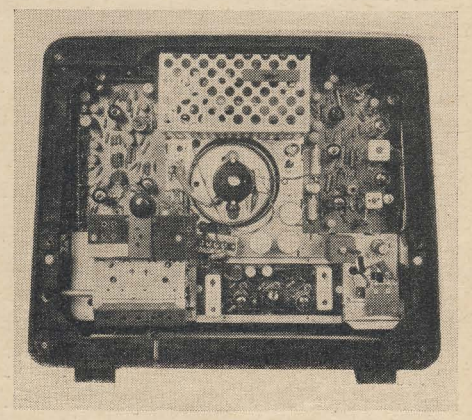


Bild 3: Geräterückansicht mit vertikaler Chassisanordnung des Fernsehempfängers „Toskana" von Blaupunkt

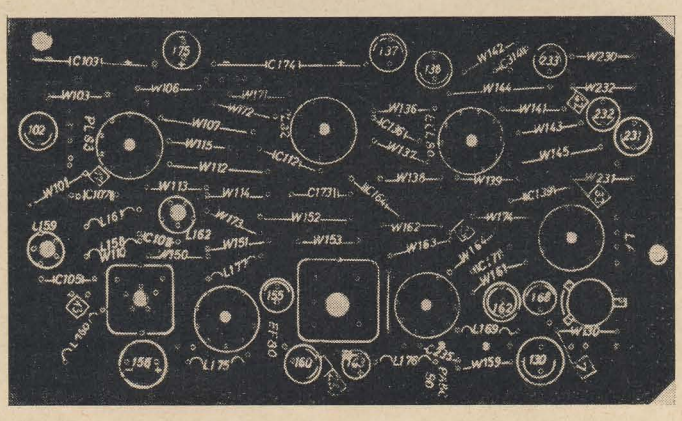
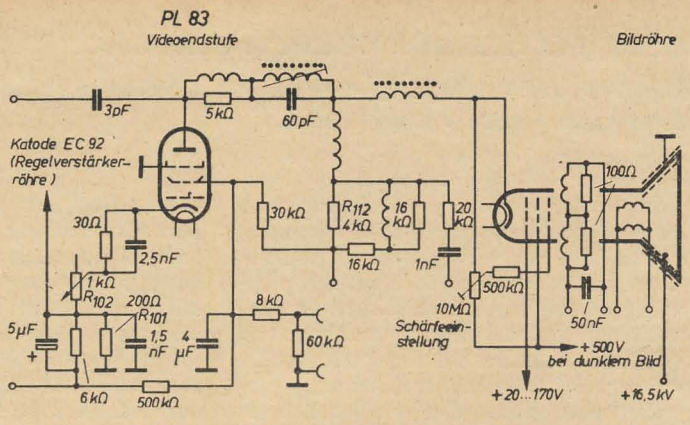


Bild 4: Oberseite einer unmontierten Platine mit gedruckter Schaltung des Fernsehempfängers „Toskana"

Bild 5: Helligkeits- und Kontrast-Automatik im Blaupunkt-„Toskana"



lässigkeit sicherzustellen, die nicht nur dem Fernsehteilnehmer, sondern auch den Reparaturwerkstätten zugute kommt, sondern sie bietet auch die Möglichkeit, etwa notwendig werdende Reparaturarbeiten wesentlich zu vereinfachen. Bild 4 zeigt die Oberseite (auf der Unterseite befindet sich die gedruckte Verdrahtung) einer unmontierten Platte des Fernsehempfängers „Toskana". Die Positionszahlen sämtlicher Einzelteile sind aufgedruckt, so daß alle Teile schnell zu finden sind; die gleiche Platine im montierten Zustand zeigt Bild 15 in RADIO UND FERNSEHEN Nr. 11 (1957) S. 333.

Die Nachbarkanalselektion konnte bei den neuen Blaupunkt-Geräten erheblich verbessert werden, sie beträgt jetzt etwa 1 : 1000. Außerdem wurde eine neuartige Helligkeits- und Kontrastautomatik angewendet. Bild 5 zeigt einen Ausschnitt aus der Schaltung. Abhängig von der Einstellung des Kontrastreglers R 102, der in der Katodenleitung der Videoröhre PL 83 liegt, steht am Anodenwiderstand R 112 (4 kΩ) eine mehr oder weniger große Gleichspannung, die die Grundhelligkeit beeinflußt, und außerdem eine mehr oder weniger große Videospannung. Regelt man den Kontrastregler so, daß dessen Widerstand geringer wird, so ist damit die Gegenkopplung kleiner und die Videospannung am Ausgang der Videostufe wird größer, d. h., der Kontrast nimmt zu. Mit kleiner werdendem Widerstand R 102 wird gleichzeitig das Katodenpotential niedriger, d. h., etwas weniger positiv, so daß der Anodenruhestrom der Videoröhre ansteigt und damit der Gleichspannungsabfall an R 112 größer wird. Der Grundhelligkeitswert des Bildes nimmt nun zu, da gleichzeitig die Bildröhrenkatode negativer wird. Da nun aber der Grundhelligkeitswert verhältnismäßig stärker ansteigt, als es der Zunahme der Bildsignalamplituden entsprechen würde, regelt der Kontrastregler R 102 gleichzeitig die Verstärkung im HF- bzw. ZF-Teil im richtigen Sinne. Die Signalspannung an dem ebenfalls im Katodenkreis der PL 83 befindlichen Widerstand R 101 ist auch von der jeweiligen Stellung des Kontrastreglers abhängig. Mit dieser an R 101 abgeleiteten Signalspannung wird die Regelverstärkerröhre EC 92 an der Katode gesteuert; diese Röhre erzeugt die getastete Regelspannung. Bei der Betätigung des Kontrastreglers werden somit beeinflußt:

1. Die getastete Regelspannung, womit die Verstärkung im HF- und ZF-Teil geändert wird;
2. die Verstärkung der Videostufe;
3. die Grundhelligkeitsvorspannung, die automatisch so geändert wird, daß beim Schwarzwert der Signale die Bildröhre auch schwarz gesteuert ist.

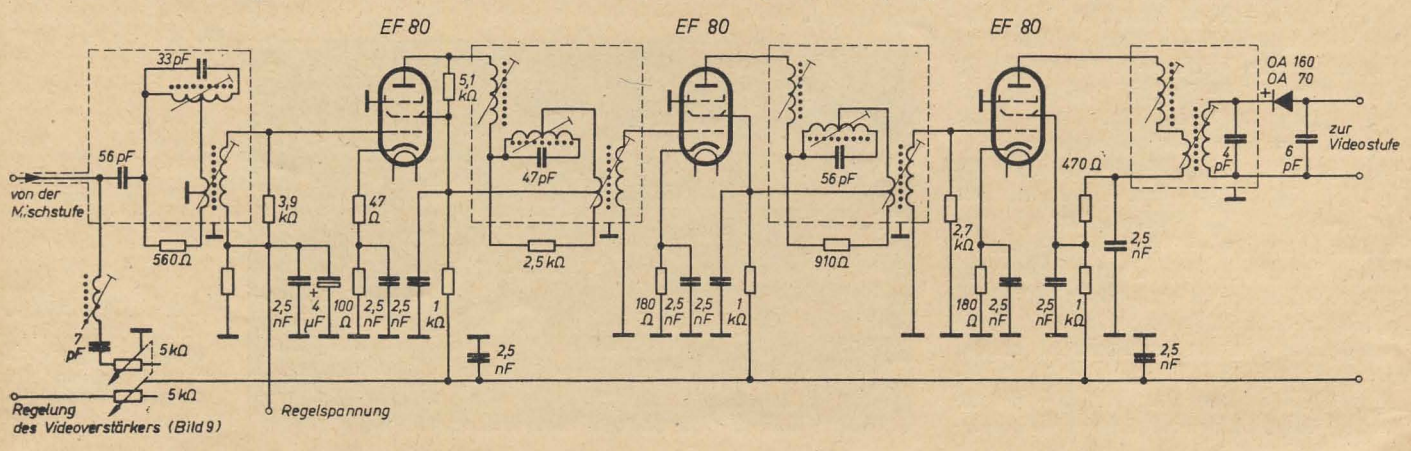
Die Firma Grundig, Fürth/Bayern, zeigte insgesamt neun neue Fernsehempfänger der „Zauberspiegel"-Serie. Das einfachste Gerät ist ein 43-cm-Tischempfänger, das Spitzengerät eine Kombinationstruhe mit Rundfunkgerät, Plattenspieler und Tonbandgerät, deren Fernsehteil mit einer 61-cm-Bildröhre bestückt ist.

Fast alle diesjährigen Grundig-Geräte sind im Eingang mit der Doppeltriode PCC 88 bestückt und enthalten einen dreistufigen bandfiltergekoppelten ZF-Verstärker.

Neben anderen Firmen, wie Schaub, Nordmende und Loewe Opta rüstet auch Grundig die diesjährigen Fernsehempfänger mit dem „Klarzeichner" aus. Es ist eine bekannte Tatsache, daß dem Betrachter einer Fernsehsendung oftmals das objektiv beste Bild nicht als subjektiv am angenehmsten erscheint. Der Betrachter — besonders wenn er ein Laie ist — bemüht sich bei der Abstimmung des Kanalwählers die Feinregelung so einzustellen, daß ihm das Bild als möglichst scharf erscheint. Er regelt gewöhnlich so weit, bis der Ton in Form von Streifen auf dem Bildschirm erscheint und damit den Bildeindruck stört. In einem solchen Fall wird der Bildträger nicht mit 50% der Amplitude (Nyquistpunkt) übertragen, sondern mit wesentlich kleinerer, je nachdem, ob der ZF-Verstärker mit voller ausnutzbarer Bandbreite arbeitet oder ob die Tonfalle bereits ein Stück der Durchlaßkurve abschneidet, und damit ein Tiefergehen auf der Nyquistflanke gestattet. Mit anderen Worten ausgedrückt: Der Betrachter hat sich bei seinem Vorgehen bemüht, die hohen Bildfrequenzen durch Abschwächen des Bildträgers zu bevorzugen.

Grundig kommt in den neuen Fernsehempfängern diesem Bemühen entgegen und legt deshalb den schaltungsmäßigen Teil des „Klarzeichners" vorwiegend in den ZF-Verstärker (Schaub verwendet für den gleichen Zweck einen Zweikanal-Videoverstärker). Wird der Klarzeichner betätigt, so ändert sich die Nyquistflanke und der Bildträger wird längs der Flanke herabgezogen. Der Tonträger liegt aber dabei an der richtigen Stelle und gestattet die Ausnutzung der vollen Bandbreite, ohne daß Tonstreifen im Bild erscheinen. Nach dem Einschalten des Klarzeichners wird der Bildträger gegenüber den hohen Frequenzen 2 bis 5 MHz weiter abgesenkt; d. h., die höheren Bildfrequenzen werden bevorzugt wiedergegeben. Wird nun z. B. eine Fernsehsendung empfangen, die durch lange Übertragungswege oder durch Verwendung einer nicht sachgemäß erstellten Antennenanlage gelitten hat, so kann man durch Bedienung des Klarzeichners die Konturenschärfe und den Kontrast der feinen Einzelheiten des Bildes erhöhen. Das Prinzip des Klarzeichners beruht auf der Regelung des Anteiles der hohen und der tiefen Frequenzen am Gemisch, das hinter dem Bildgleichrichter entsteht und neben den eigentlichen ausnutzbaren Videofrequen-

Bild 6: Gesamtanordnung des Klarzeichners (ZF- und Videoteil) im Grundig-Fernsehempfänger „Zauberspiegel 437"



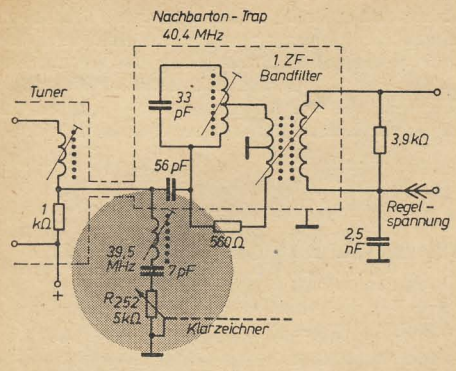


Bild 7: Klarzeichner-Saugkreis im ZF-Teil der Grundig-Empfänger

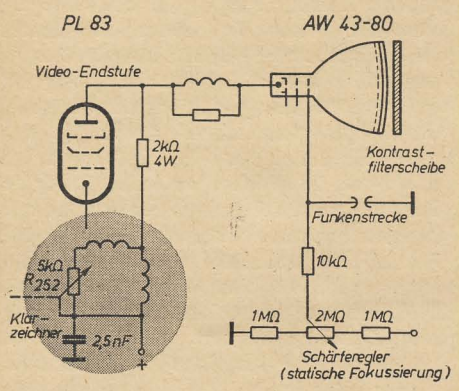


Bild 8: Klarzeichner im Videoteil der Grundig-Fernsehempfänger

zen zwischen wenigen kHz und etwa 4 MHz noch die Tonträgerzwischenfrequenz von 5,5 MHz sowie zahlreiche Oberwellen enthält.

Im Bild 6 ist der ZF-Verstärker mit dem Klarzeichner und im Bild 7 ein Ausschnitt mit der Schaltung des Klarzeichners allein dargestellt. Der regelbare 5-kΩ-Widerstand R 252 bestimmt den Kopplungsgrad eines Saugkreises an das erste ZF-Bandfilter. Die Frequenz des Kreises liegt bei 39,5 MHz, also am Ende des Übertragungsbereiches. Es ist wesentlich, daß durch den Klarzeichner nicht die Phasenlinearität von ZF- und Videoteil des Fernsehempfängers verschlechtert wird.

Eine weitere Steigerung des Klarzeichnereffekts läßt sich durch zusätzliche Einbeziehung des Videoverstärkers in die Veränderung der Durchlaßkurve erreichen. Dieser Teil der Schaltungsanordnung ist im Bild 8 gezeichnet. Eine in Serie zum ohmschen Arbeitswiderstand der Videoröhre geschaltete Drosselspule bewirkt eine Anhebung der im Gesamtübertragungsweg abgeschwächten hohen Videofrequenzen. Hebt man die Wirkung der Drossel mehr oder weniger auf und verbindet die Regelung mit der oben erwähnten Beeinflussung der ZF-Durchlaßkurve, so unterstützen sich die Wirkungen beider Funktionen. Bei den Grundig-Fernsehempfängern der „Zauberspiegel"-Serie sind die beiden Regler derart mechanisch gekuppelt, daß eine entgegengesetzte Änderung der Widerstände erfolgt (vgl. Bild 6).

Einen etwas anderen Weg beschreitet Schaub im Fernsehempfänger „Weltspiegel 743". Um die Betonung der höheren Videofrequenzen gegenüber den tiefe-

ren herbeizuführen, wird der Videoverstärker in zwei Kanäle aufgeteilt. Das Triodensystem einer PCF 80 bildet die Videovorröhre, die PL 83 die Videoendröhre. Das Pentodensystem der PCF 80 dient als zusätzliche Differenzierstufe. Bei dieser Schaltungsanordnung liegt der Kontrastregler in der Katodenleitung der Videovorröhre, deren Gitter vom Bildgleichrichter mit dem Videosignal gesteuert wird. Durch ein besonderes Netzwerk wird dafür gesorgt, daß auf das Steuergitter der Differenzierstufe die höheren Frequenzanteile zwischen 3 und 4 MHz gelangen. Nur dieser Teil des Videofrequenzgemisches wird im Pentodensystem der Verbundröhre verstärkt und im Anodenkreis differenziert. Nach der Verformung gelangen diese Frequenzanteile zum Gitter der Videoendröhre PL 83. Ein Potentiometer gestattet die Einstellung des Verstärkungsgrades der Differenzierstufe und damit das gewünschte Mischungsverhältnis der Frequenzanteile, womit auf verhältnismäßig einfache Weise der Klarzeichnereffekt erzielt wird.

Nordmende verwendet in den neuen Fernsehempfängern „Diplomat 57" und „Präsident 57" einen Differenzierentzerrer, dessen Schaltung im Bild 9 wiedergegeben ist. Der Zweck dieser Einrichtung ist die Verbesserung von verwaschenen Kanten im Fernsehbild. Schwarz-Weißkanten im Bild müßten im Videosignal als senkrechter Spannungssprung erscheinen; dieser steile Sprung wird durch die endliche Kanalbreite (Unterdrückung der hohen Frequenzen in der Fourierentwicklung der Sprungfunktion) und durch andere unvermeidliche Mängel im Übertragungssystem verflacht, wie es das oberste Teilbild im Bild 10 zeigt. In der Bildwiedergabe ist die Kante dann unsauber, und

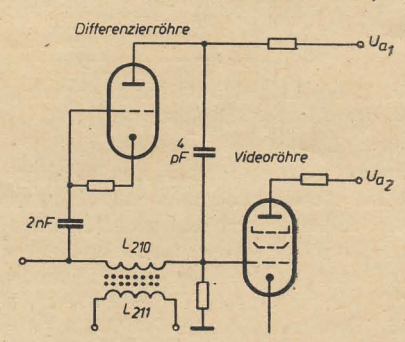


Bild 9: Prinzipschaltbild des Differenzierentzerrers von Nordmende

senkrechte Linien sind verwaschen. Beim Übergang von Schwarz auf Weiß erscheinen rechts der Kante Wischer (sogenannter Fahnenbildung).

Das Prinzip des Entzerrers beruht darauf, schräge Spannungssprünge wieder zu versteilern. Zu diesem Zweck leitet man aus dem Signal ein differenziertes Signal ab, das dem ursprünglichen Signal in der richtigen Phasenlage wieder zugesetzt wird. Die weiteren Teilbilder im Bild 10 zeigen das Prinzip in exakter Form. Das Signal wird zweimal differenziert und der so erhaltene zweite Differentialquotient vom ursprünglichen Signal subtrahiert, wobei eindeutig die erzielte Versteilerung zu erkennen ist. Nach der ersten Differentiation ergibt sich eine Glockenkurve, nach der zweiten ein sogenannter Schwinger. Dieser Schwinger soll nun von der ursprünglichen Kurve subtrahiert werden. Man muß dazu in einer zusätzlichen Röhre die Richtung des Schwingers umkehren und dann das Signal und den um 180° gedrehten Schwinger einem Stromkreis zuführen. Da durch die Differenzierung die Amplituden verkleinert werden, erfüllt die Umkehrröhre meist noch die Funktion eines Verstärkers. Damit läßt sich die Amplitude des Schwingers auf den erforderlichen Wert bringen.

Aus Bild 9 ersieht man, daß das Signal vom Videodetektor über die Spule L 210 an das Gitter der Videoröhre gelangt, gleichzeitig aber auch über den 2000-pF-Kondensator zum Gitter der Differenzierröhre. An der Anode der Differenzierröhre steht noch das unveränderte Signal verstärkt und in der Phase um 180° gedreht. Es wird nun über den 4-pF-Kondensator differenziert und dem ursprünglichen

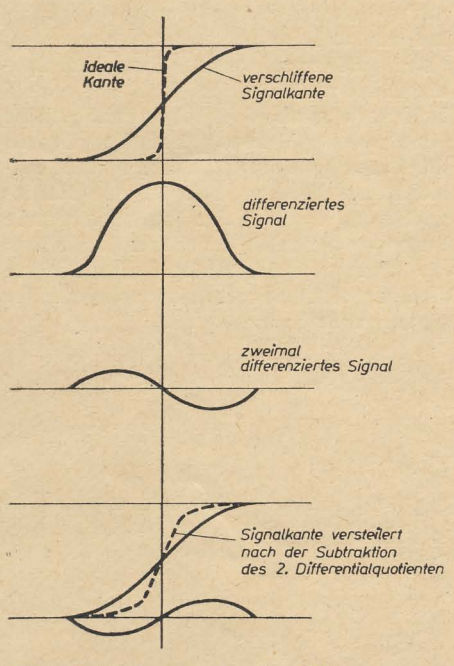


Bild 10: Wirkungsweise des Differenzierentzerrers von Nordmende

Signal am Gitter der Videoröhre überlagert. Als Differenzierglied wirkt dabei hauptsächlich der erwähnte 4-pF-Kondensator und die Spule L 210. Die LC-Kombination ergibt nun aber keine reine Differenzierung; durch die Schwingkreiswirkung kommt vielmehr ein „Nachschwinger" zustande. Man kommt dadurch sofort zu dem nötigen Schwinger, ohne noch ein zweites Mal differenzieren zu müssen. Dieser Schwinger liegt zwar, exakt genommen, etwas gegenüber der Flanke verschoben. Diese Form ist jedoch besonders gut geeignet, den Plastikeffekt zu fördern und Bilder besonderer Brillanz hervorzubringen. Die Stärke des Effektes läßt sich durch Regeln der Induktivität und Dämpfung der Spule L 210 einstellen. Über die Gleichstromspule L 211 wird in einfachster Weise der beiden Spulen gemeinsame Ferritkern vormagnetisiert. Mit zunehmender Magnetisierung nimmt dabei die Induktivität und die Dämpfung ab.

Wir beenden hier (und nicht in Nr. 14, wie versehentlich in Nr. 12, S. 361, angegeben) die zusammenfassende Darstellung einiger Forschungsthemen des IGJ. Während sich Nr. 12 unserer Zeitschrift mit der Radiostrahlung der Sonne und ihrer Messung sowie den Methoden und Ergebnissen der Ionosphärenuntersuchung beschäftigte, gehen wir in den folgenden Beiträgen vor allem auf die Erforschung der Atmosphäre und der Hochatmosphäre ein, wobei stets die vielfältigen Zusammenhänge dieser Probleme mit der Hochfrequenztechnik und der Elektronik herausgestellt werden. Auch die Arbeiten von Dr. H. Volland und D. Wattenberg über die Technik und die Anwendung von Raketen und künstlichen Satelliten dürften als neuer, unlösbar mit der HF-Technik verbundener Zweig der Technik das Interesse unserer Leser finden.

ERICH HÜTTMANN

Die Funkortung in Astronavigation und Meteorologie[1]

Die im folgenden beschriebenen Geräte sind der Allgemeinheit zumeist weniger bekannt als die für navigatorische oder militärische Zwecke [25, 26], da sie bis auf einige Ausnahmen für wissenschaftliche Untersuchungen und Routinemessungen der Vorgänge im Raume zwischen Erdoberfläche und Exosphäre[2]) bestimmt sind. Der VEB Wissenschaftlich-Technisches Büro für Gerätebau (WTBG) hat sich seit Jahren mit der Entwicklung derartiger Geräte befaßt. Im Hinblick auf das beginnende Internationale Geophysikalische Jahr dürfte es angebracht sein, einem größeren Leserkreis über diese Spezialgeräte zu berichten. Daß durch zum Teil rein wissenschaftliche Arbeiten außer einer besseren Erkenntnis der Vorgänge in der Natur auch ein sichtbarer Nutzen entsteht, ist an dem Beispiel des Radiosextanten, der aus der Radioastronomie hervorgegangen ist, ersichtlich. So fließen die Ergebnisse der reinen Forschung oft weniger sichtbar als hier doch wieder einem größeren Kreise zu.

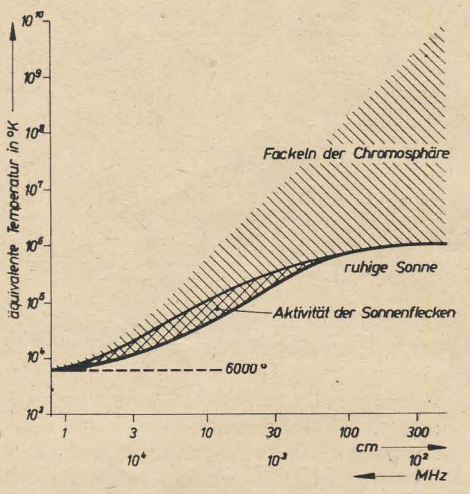


Bild 1: Die äquivalente Sonnentemperatur in Abhängigkeit von der Frequenz bzw. Wellenlänge. Entnommen [24]

Die Ortung mittels kosmischer Strahlungen

Der Radiosextant

Seit Jansky in den Jahren 1932 bis 1937 [1] den Einfall kosmischer Strahlungen im Kurzwellenbereich nachweisen konnte, ist eine Reihe von Jahren vergangen, ohne daß bemerkenswerte neue Ergebnisse auf diesem Gebiet erzielt wurden. Nach Ende des zweiten Weltkrieges setzte dann eine stürmische Entwicklung der Radioastronomie ein. Heute besteht schon eine Reihe von mit Riesenantennen ausgerüsteten Observatorien [2, 3, 4, 27, 34]. Radiostrahlung wird von allen heißen Körpern und Gasen ausgestrahlt, also auch von der Sonne. Die Sonne ist von der Erde aus als Kreisscheibe sichtbar. Dem Durchmesser entspricht ein Sichtwinkel von etwa $^1/_2°$. Mit Parabolantennen von etwa 1 m Durchmesser

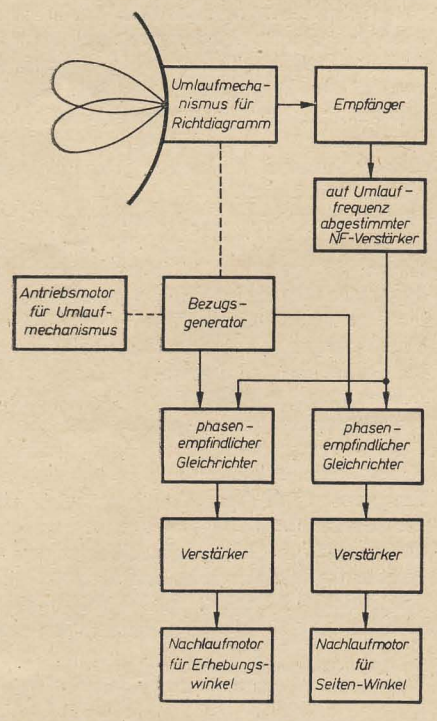


Bild 2: Blockschaltbild eines Radiosextanten der Firma Collins. Entnommen [7]

kann man im cm-Wellenbereich Öffnungswinkel der Hauptstrahlungskeule von der gleichen Größe erzielen. Richtet man nun eine derartige Antenne auf das Zentrum der Sonne, so ist die Antenne näherungsweise als mit einem Widerstand, der sich auf Sonnentemperatur befindet, abgeschlossen zu betrachten. Im cm-Bereich entspricht die wirksame Sonnentemperatur ziemlich genau der Temperatur der sichtbaren Sonnenstrahlung, nämlich 6000° K, siehe Bild 1 [24]. Nun erzeugt ein solcher Widerstand eine Rauschleistung pro Hz Bandbreite von:

$$\frac{N}{\Delta f} = 4\,kT$$

k = Boltzmannsche Konstante in Ws/°K
T = absol. Temperatur in °K
Δf = Bandbreite in Hz
N = Leistung in W

Bei Anpassung des Empfängers an die Antenne wird dem Empfänger ein Viertel dieser Rauschleistung zugeführt. Moderne Empfänger im cm-Bereich haben eine Eingangsempfindlichkeit von etwa 30 bis 50 kT_0 ($T_0 = 293°$ K $\triangleq 20°$ C). Angeboten wird dem Empfänger aber nur eine Leistung von rund 20 kT_0, da sich der Antennenwiderstand auf etwa der 20-fachen Zimmertemperatur befindet. Die von der Sonne einfallende Strahlungsleistung entspricht also im günstigsten Fall der zentralen Antennenausrichtung ungefähr der Hälfte der Eigenrauschleistung des Empfängers. Dieses Verhältnis wird mindestens um etwa den Faktor 2 ungünstiger, da die Antenne nicht mit dem Maximum auf das Sonnenzentrum zu ausgerichtet werden kann, sondern etwa mit ihrem Maximum auf dem Sonnenrand umlaufen muß, um eine automatische Nachführung des Antennenspiegels zu ermöglichen. Besondere Schwierigkeiten treten noch dadurch auf, daß der Charakter der von der Sonne empfangenen Strahlung vollkommen dem des Empfängereigenrauschens entspricht. Nun haben die Radioastronomen besondere Methoden zur Feststellung von Rauschenergien entwickelt, die es gestatten, noch Rauscheinstrahlungen zu messen, die weit tiefer als hier unter dem Empfängereigenrauschen liegen [5, 34]. Es handelt sich um Verfahren, die eine Modulation der einfallenden Strahlung vorsehen und eine phasenempfindliche Gleichrichtung der Ausgangsspannung durchführen. Im vorliegenden Fall wird die Achse der Richtkeule, wie bei Flakzielgeräten üblich [6], auf einem Kegelmantel um die auf das Sonnenzentrum gerichtete Antennenspiegelachse bewegt (Bild 2). Ist die Spiegelachse genau auf das Sonnenzentrum gerichtet, so bleibt die aufgenommene Strahlungsleistung bei einem vollen Umlauf der Richtkeule konstant. Befindet sich die Achse des Spiegels jedoch etwas zu hoch, so wird die Energie im höchsten Erhebungspunkt der Richtkeule geringer und im tiefsten Erhebungspunkt größer als im Mittel. Die aufgenommene Energie schwankt also periodisch, und da man die Umlaufperiode und Phasenlage der Richtkeule kennt, kann man in zwei Gleichrichterbrücken, die mit 90° phasenverschobener Spannung von einem mechanisch mit dem rotierenden Dipol gekuppelten Bezugsgenerator gespeist werden, Regelspannungen erhalten, die je nach der Phasenlage der Rauschamplitude zu der Bezugsphase als positive oder negative Fehlerspannungen die motorische Höhen- und Seitenwinkelnachstellung des Spiegels bewirken.

---

[1]) Nach einem Vortrag von E. Hüttmann auf der Funkortungstagung der KdT am 3. 5. 1957 in Rostock.

[2]) Exosphäre ist die Schicht oberhalb der Ionosphäre, deren physikalische Eigenschaften allmählich in die des Weltenraumes übergehen.

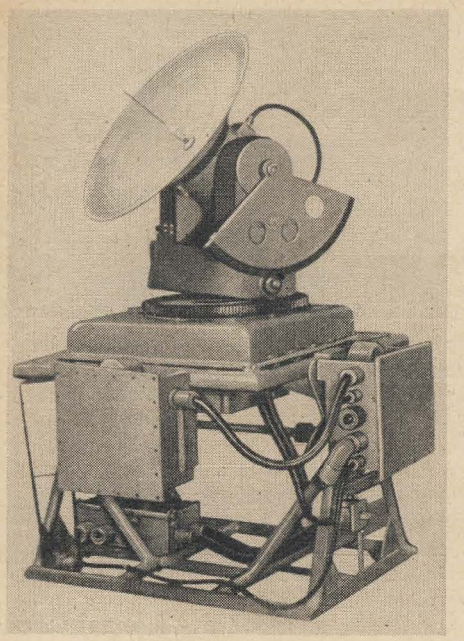


Bild 3: Schiffssextant. Entnommen [7]

Bild 4: Flugzeugsextant. Entnommen [7]

Wenn der Spiegel einmal grob von Hand auf die Sonne ausgerichtet wird, hält er sich durch diese automatische Regelung stets genau mit seiner Achse auf das Sonnenzentrum gerichtet. Diese Anordnung leidet jedoch unter der Empfindlichkeit gegen Vibrationen mit der Frequenz der umlaufenden Richtkeule, die das Empfängereigenrauschen modulieren können, wenn der Empfänger wie üblich am Antennensystem angebracht ist.

Ein anderes, bisher wohl noch nicht zum Einsatz gelangtes Verfahren [31], die Rauschstrahlung von dem Eigenrauschen des Empfängers zu trennen, besteht darin, die durch die umlaufende Richtkeule modulierte Rauschstrahlung in zwei annähernd gleiche Beträge zu teilen, rückwirkungsfrei z. B. über sogenannte Uni-Leitungen zwei Empfängern mit gleichen Amplituden- und Phasengängen zuzuführen und die Ausgänge dieser beiden Verstärker auf ein Wattmeter zu schalten. Das Wattmeter zeigt nur die in fester Phasenbeziehung zueinander stehenden Teile der Rauscheinstrahlung optimal an, nicht jedoch die in beiden Verstärkerkanälen befindlichen und voneinander unabhängigen Eigenrauschquellen, deren zusätzliche Störmodulation ohne Einfluß bleibt. Als Wattmeter können hier natürlich nur elektronische Geräte zur Anwendung kommen, und zwar solche, die zur weiteren Verarbeitung eine Spannung liefern. Diese Spannung ist nun mit der Umlauffrequenz der Richtkeule moduliert. Die Modulationsamplitude wird dann wie vorher in Phasenbrücken mit den Bezugsgeneratorspannungen zusammen gleichgerichtet und liefert die Fehlerspannung für die automatische Winkelnachführung. Nun wird ein Sextant auf Schiffen oder in Flugzeugen benutzt. Um die Sonnenhöhe festzustellen, ist daher die Aufstellung der Antenne auf einer kreiselstabilisierten Plattform notwendig. In den Bildern 3 und 4 sind die von der Firma Bendix hergestellten Radiosextanten auf stabilisierten Plattformen montiert gezeigt.

Die Geräte arbeiten auf einer Wellenlänge von 1,9 bzw. 0,87 cm. Die Durchmesser der Antennenspiegel betragen 25 bzw. 30 Zoll und sollen sogar auf 12 Zoll verkleinert werden können. Im Bild 5 ist die Fehlerverteilungskurve des 8,7-mm-Sextanten gezeigt. Die Ergebnisse sind also äußerst befriedigend und stehen optischen Sextanten nur wenig nach. Der besondere Vorzug des Radiosextanten besteht darin, daß er praktisch vom Wetter (Wolken) unbeeinflußt bleibt. Ein weiterer Vorteil dieses Sextanten ist, daß er bei Tag ständig eingeschaltet bleiben kann und ununterbrochen die Sonnenhöhe angibt, so daß man diese Werte registrieren und einen Teil der Schwankungen der Anzeige herausmitteln kann. In Kürze werden vom WTBG mit dem Antennenspiegel des

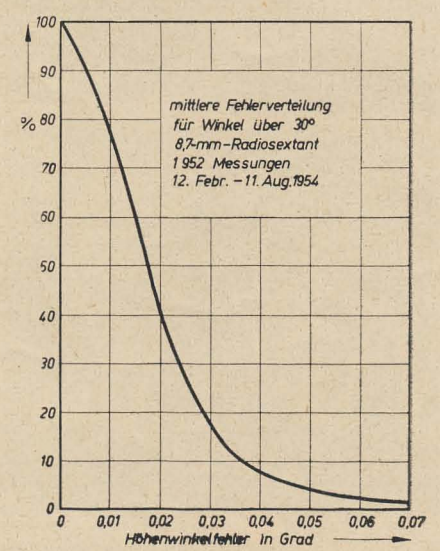


Bild 5: Fehlerverteilungskurve eines Radiosextanten. Entnommen [7]

Höhenwindgerätes — siehe unter Höhenwindradar, S. 415 — auf 3,2 bzw. 1,6 cm Wellenlänge gleichartige Erprobungen durchgeführt, so daß in absehbarer Zeit auch der Hochseeschiffahrt der DDR derartige Radiosextanten zur Verfügung gestellt werden können.

Damit wäre der erste Schritt zu einem von festen Landbezugspunkten freien Weitnavigationsverfahren getan. Ob sich auch Radiosterne bei diskutablen Antennenabmessungen zur Navigation heranziehen lassen, ist zur Zeit noch nicht zu beurteilen.

Ortung atmosphärischer Störungen

Eine zweite Gruppe von Geräten verwendet die elektromagnetische Strahlung, die von atmosphärischen Entladungen ausgeht. Das Frequenzspektrum solcher Entladungen reicht von den niederen Tonfrequenzen bis in den Kurzwellenbereich hinein. In den von den Sendern des Rundfunks und sonstigen Nachrichtendiensten belegten Frequenzbändern ist eine Dauerregistrierung atmosphärischer Störungen kaum möglich. Man wählt daher die wenig oder gar nicht mit Sendern belegten Frequenzbereiche bis etwa 200 kHz hinauf. Innerhalb dieses Frequenzbandes gibt es einige Frequenzbereiche, in denen die Störungen eine relativ große Amplitude besitzen, z. B. 2 bis 12 kHz bzw. kurz unter 30 kHz. Diese Bereiche werden nun vor allem zur Bestimmung des Ortes der Störherde mit Hilfe von Funkpeilern verwendet, während die sogenannten Blitzformschreiber mit einem breiteren Durchlaßfrequenzband etwa 100 Hz bis 200 kHz ausgestattet werden. Die Peilempfänger werden neuerdings zumeist als schmalbandige, fest abgestimmte Sichtfunkpeiler ausgebildet.

Ortung unter Verwendung von künstlichen Strahlern

Radiosonde in Verbindung mit Radiotheodolit

Seit 1930, als die ersten Radiosonden eingeführt wurden, werden die von Freiballonen getragenen Radiosonden in steigendem Maße zur Feststellung von Druck, Temperatur und Feuchte in Abhängigkeit von der Höhe des Ballons in den Wetterdiensten benutzt [8, 9]. Schon frühzeitig bemühte man sich zum Zwecke der Windmessung darum, die Verfolgung des Ballons mit einem optischen Theodoliten durch die von der Sicht unabhängige Funkortung zu ersetzen. Normale Funkpeiler konnten sich nicht durchsetzen, vor allem wegen der notwendigen Nachrichtenverbindung zwischen den drei Peilstationen und des Personalbedarfes. Neuerdings verwendet man Radiosonden mit Dezimeterwellensendern und bestimmt Höhen- und Azimutwinkel des Ballons mit einem Radiotheodoliten. Ein Radiotheodolit entspricht im Prinzip dem bereits beschriebenen Radiosextanten. Er wird vom WTBG mit dem Spiegelsystem der Höhenwind-Radaranlage ausgerüstet und erhält an Stelle des auswechselbaren 3-cm-Sende-Empfangsteiles nur einen Empfängereinschub und Dipol für z. B. 17 cm Wellenlänge[1]). Über die Druckmessung der Radiosonde oder unter Zugrundelegung der bekannten, annähernd konstanten Steiggeschwindigkeit des Ballons kann der Ballonort ermittelt werden. Aus der Abhängigkeit des Ballonortes von der Zeit lassen sich Windrichtung und Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Höhe errechnen. Diese Art der Höhen-

[1]) Ältere Theodoliten arbeiten auf längeren Wellen, z.B. 70 cm, haben aber nicht die Höhenwinkelmeßgenauigkeit bei geringen Erhebungswinkeln wie die modernen Geräte auf kürzeren Wellen.

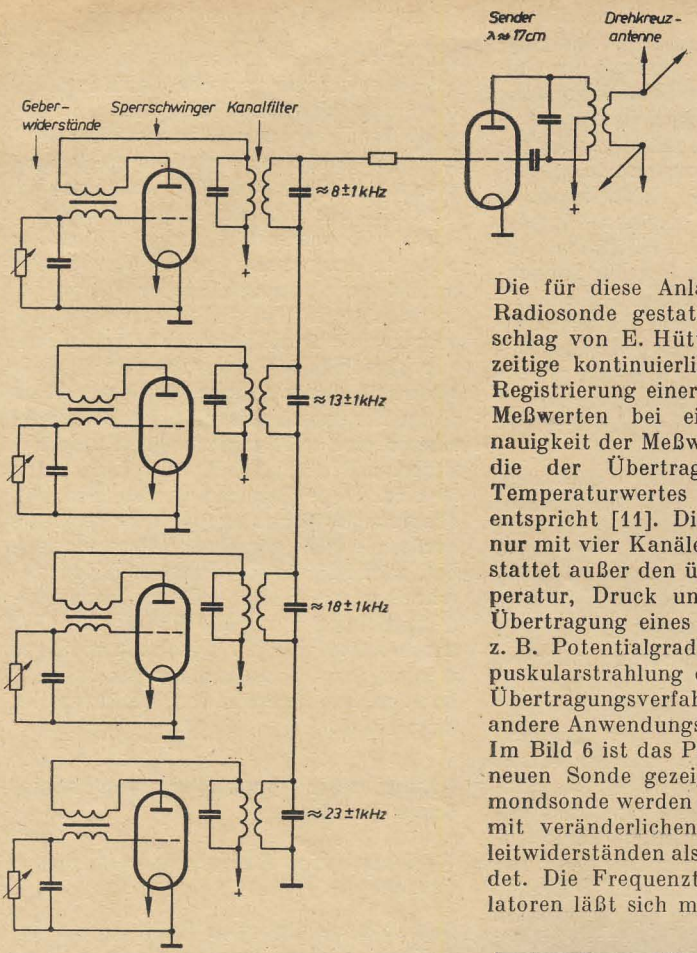


Bild 6: Prinzipschaltung der neuen Radiosonde [10]

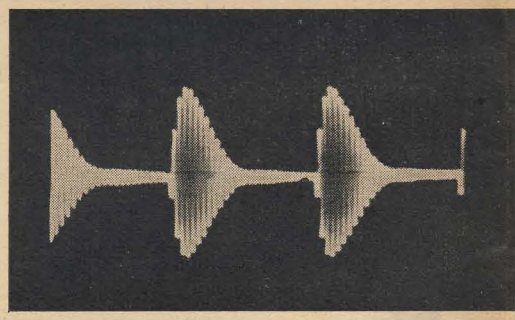


Bild 9: Ausgangsspannung hinter einem Kanalfilter. Die Impulsfolgefrequenz beträgt etwa 1 kHz. Die Trägerfrequenz der Impulse ist von Kanal zu Kanal verschieden

windmessung hat gegenüber der auf Seite 415 behandelten Höhenwindmessung den Vorzug, daß sie bei allen vorkommenden Windgeschwindigkeiten eine ausreichende Reichweite gewährleistet. Radiosonden werden in allen größeren Staaten an mehreren Stellen, die sich in einigen 100 km Entfernung voneinander befinden, täglich zweimal zum Aufstieg gebracht. Für diese Aufstiege, bei denen für die Übermittlung der Meßwerte von Temperatur, Druck und Feuchte ein Sender benötigt wird, ist zur Ermittlung des Höhenwindes der Radiotheodolit sehr zweckmäßig. Für zwei weitere tägliche reine Höhenwindmessungen muß von Fall zu Fall entschieden werden, ob man einen Ballonsender und Theodoliten oder das auf Seite 415 behandelte Höhenwindmeßgerät einsetzt.

Die für diese Anlage vorgesehene neue Radiosonde gestattet nach einem Vorschlag von E. Hüttmann [10] die gleichzeitige kontinuierliche Übertragung und Registrierung einer größeren Anzahl von Meßwerten bei einer Übertragungsgenauigkeit der Meßwerte in allen Kanälen, die der Übertragungsgenauigkeit des Temperaturwertes der Diamondsonde entspricht [11]. Die Sonde wird vorerst nur mit vier Kanälen ausgerüstet und gestattet außer den üblichen Werten, Temperatur, Druck und Feuchte, noch die Übertragung eines weiteren Wertes, wie z. B. Potentialgradient, Helligkeit, Korpuskularstrahlung oder dergleichen. Das Übertragungsverfahren ist daher auch für andere Anwendungsgebiete von Interesse. Im Bild 6 ist das Prinzipschaltbild dieser neuen Sonde gezeigt. Wie bei der Diamondsonde werden Relaxationsschwinger mit veränderlichen ohmschen Gitterableitwiderständen als Modulatoren verwendet. Die Frequenztoleranz dieser Modulatoren läßt sich mit Batterieröhren stabilen Kontaktpotentials auf 0,5% bei 10% Betriebsspannungsänderung bringen, so daß bei einer Widerstandsvariation von 1 : 50 etwa 800 Meßwerte im Meßbereich jeden Kanales unterzubringen sind (siehe Bild 7).

Um eine gleichzeitige kontinuierliche Übertragung mehrerer Meßwerte zu ermöglichen, werden nicht die Impulse (siehe Bild 8) wie bei der Diamondsonde dem Sender direkt aufmoduliert, sondern es werden aus dem Impulsspektrum der einzelnen Modulatoren unterschiedliche schmale Frequenzbänder durch Filter ausgesiebt und diese Frequenzbänder dem Sender aufmoduliert (siehe Bild 9). Die trägerfrequenten Impulse werden am Boden ausgesiebt und vier schreibenden Frequenzmessern zugeführt. Die schreibenden Frequenzmesser sind Kompensationsschreiber und erhalten ihre Antriebsspannung aus monostabilen Kippschaltungen (Bild 10), die von den ankommenden Impulsen in den metastabilen Zustand gebracht werden. Die Zeitdauer des metastabilen Zustandes hängt von der Größe des mit dem Schreibstift gekoppelten Entladewiderstandes ab. Die Regelspannung, die an den Anoden der beiden Röhren der Kippschaltung abgenommen wird, läuft durch Null, wenn die Zeitdauer des stabilen Zustandes ungefähr gleich der des metastabilen Zustandes ist [32]. Ein mit

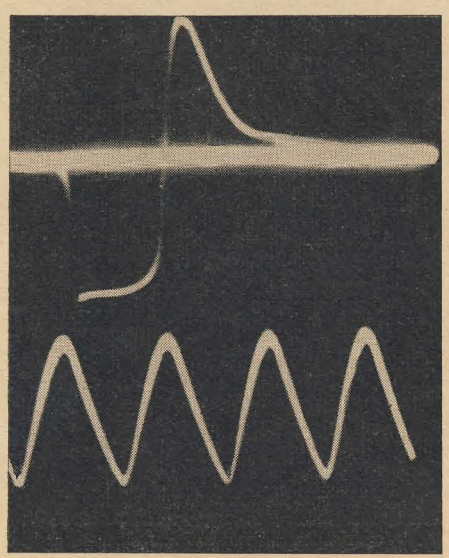


Bild 8: Anodenspannungsverlauf an der Sperrschwingerröhre in Abhängigkeit von der Zeit über einer 100-kHz-Schwingung aufgenommen

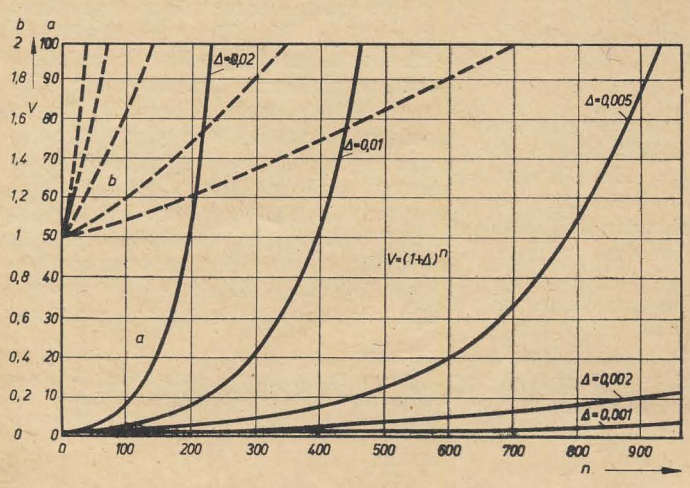


Bild 7: Abhängigkeit der erforderlichen Frequenzvariation V der Modulatoren von der Anzahl n der voneinander zu unterscheidenden Meßwerte bei verschiedenen Frequenztoleranzen Δ der Modulatoren

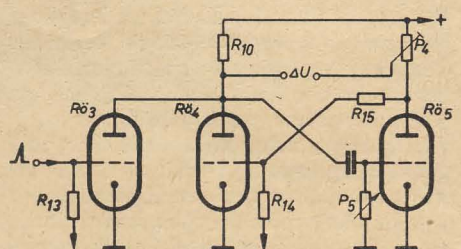


Bild 10: Prinzipschaltung für das die Regelspannung erzeugende Glied des Kompensationsfrequenzmessers [32]

dem Antriebsmotor gekoppeltes Tachometer dient zur Verbesserung der Reglereigenschaften.

Der Sender der Sonde befindet sich mit der Batterie — es handelt sich hier um PbO_2-Zn-Elemente — in einem Piathermgehäuse, das die Innentemperatur der Sonde während eines Aufstieges auf etwa ± 10° konstant hält. Der Sondensender strahlt über eine Drehkreuzantenne praktisch ungerichtet seine Hochfrequenzleistung ab, so daß auch bei Zenithdurch-

gang des Ballons eine sichere Verfolgung mit dem dreiachsig aufgehängten Spiegel des Radiotheodoliten gewährleistet ist. Das Gewicht der kompletten Sonde beträgt zur Zeit etwa 800 g, wovon allein 500 g auf die Batterie, die nur 20 Wh/kg Gewicht leistet, entfallen. Als Geber sind die seit langem bekannten Thermistore oder NTC-Widerstände zur Temperaturmessung [11], Hypsometer [8, 12] für Druck und hygroskopische Widerstände [8, 11, 13] für Feuchtemessungen geeignet. Die experimentelle Vorklärung der grundsätzlichen Verwendbarkeit des neuen Übertragungsverfahrens erfolgte im aerologischen Observatorium Lindenberg, die industrielle Weiterentwicklung wird vom WTBG durchgeführt.
Vor Einführung dieser neuen Radiosondenanlage in den praktischen Wetterdienst liegt naturgemäß noch eine längere Erprobungszeit.

Einfallswinkelmeßgeräte [*14, 15, 16, 17, 18*]
Einfallswinkelmeßgeräte sind außer für die Erforschung der Ionosphäre auch für den kommerziellen Nachrichtendienst auf Kurzwelle von großem Interesse.
Von WTBG wurde eine Kleinanlage entwickelt, über die wir in einem späteren Heft berichten.

Die Ortung mit reflektierten Strahlungen

Ionosphärenstation

Ionosphärenstationen sind impulsgetastete Sende-Empfangsgeräte, deren Antennen fast immer senkrecht nach oben strahlen. Der zumeist kontinuierlich durchstimmbare Frequenzbereich dieser Geräte liegt etwa zwischen 0,5 und 25 MHz. Die vom Sender ausgestrahlten Impulse werden durch die Ionosphäre reflektiert und gelangen mit einer gewissen Laufzeitverzögerung zum Empfänger zurück. Es ergeben sich dann die im Bild 11 gezeigten Registrierungen. In den Bildern 12 und 13 ist eine vom WTBG ausgeführte Anlage zu sehen. Diese Ionosphärenstationen haben nicht nur Bedeutung für die Wissenschaft, sondern werden auch für die Bestimmung geeigneter Arbeitsfrequenzen im Kurzwellennachrichtendienst herangezogen.

Bild 12: Senderansicht der Ionosphärenstation vom WTBG

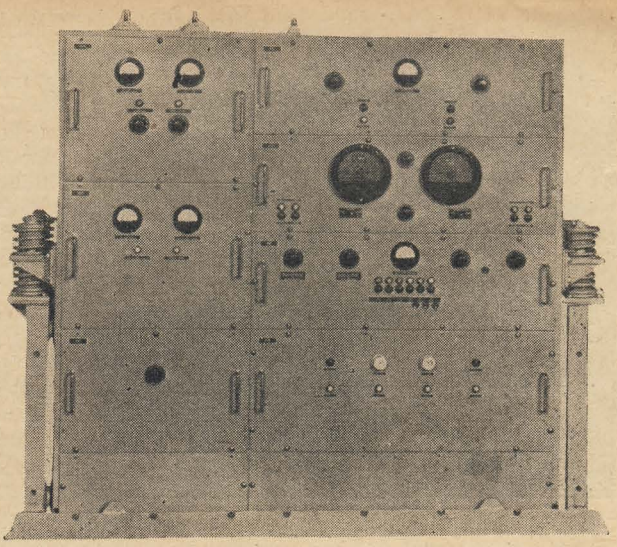


Bild 13: Empfängeransicht der Ionosphärenstation vom WTBG

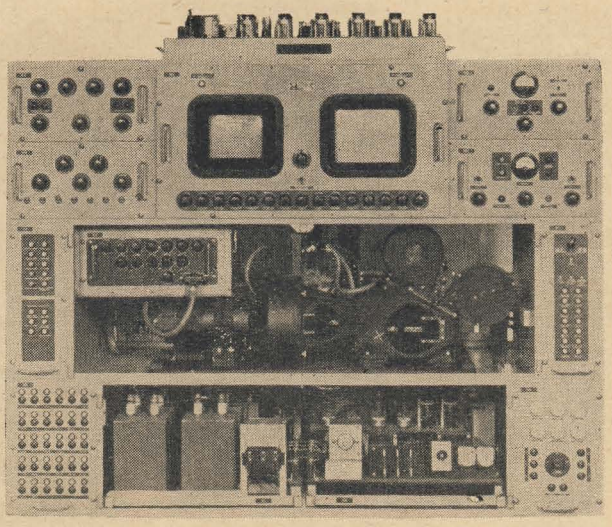
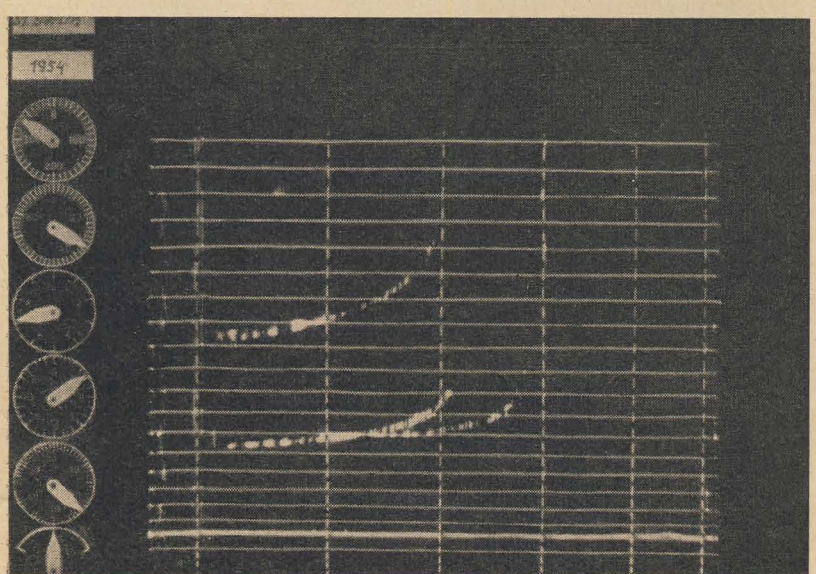


Bild 11: Panoramaaufnahme von Ionosphärenreflexionen. Die Intensität der Reflexionen ist als Helligkeit in Abhängigkeit von der Frequenz des Senders und der Höhe der Schicht dargestellt



Backscatteranlage

Ein weiteres Gerät zur Untersuchung der Hochatmosphäre ist die sogenannte Backscatteranlage. Die Backscatteranlagen arbeiten im Gegensatz zu den Ionosphärenstationen mit Antennen, die vorwiegend unter einem flachen Erhebungswinkel abstrahlen. Auch sich um eine senkrechte Achse drehende Richtantennen werden angewendet. Die Geräte gestatten es nun, nicht nur die Reflexionseigenschaften der Ionosphäre zu ermitteln, sondern auch die Rückstreuung von der Erdoberfläche über die Ionosphäre zum Empfänger aufzunehmen.
Es läßt sich daher auch feststellen, ob eine Nachrichtenverbindung zu einem fernen Punkt auf einer bestimmten Frequenz möglich ist. Im Bild 14 ist eine Panoramaaufnahme der Rückstreuverhältnisse und damit der Funkverkehrsmöglichkeiten gezeigt. Bei dieser Anlage wurde eine sich drehende Richtantenne (Bild 15) verwendet. Als Gemeinschaftsarbeit vom WTBG und dem Observatorium Kühlungsborn wird im IGJ eine derartige Anlage eingesetzt.

Höhenwind-Radaranlage

Wie bereits in dem Abschnitt „Radiosonde in Verbindung mit Radiotheodolit" erwähnt, läßt sich auch eine Höhenwindmessung mit Hilfe von bodenfesten Sende-Empfangsgeräten ermöglichen. Zusätzlich wird nur ein reflektierender Spiegel (Tripelspiegel) an einem frei fliegenden

Bild 14: Backscatterpanoramaaufnahme (nach Villard und Peterson)

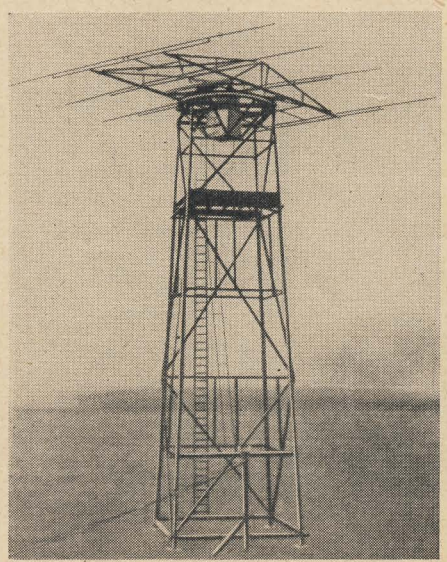


Bild 15: Drehbare Yagiantenne einer englischen Backscatteranlage

Ballon benötigt. Es werden dann laufend Höhen- und Seitenwinkel sowie die Schrägentfernung von der Bodenstation bis zum Tripelspiegel gemessen. Über dieses Gerät wird auf Seite 415 ausführlicher berichtet. Der Vorteil dieses Gerätes gegenüber dem Radiotheodoliten liegt darin, daß nur ein relativ billiger Reflektor mit dem Ballon zum Aufstieg gebracht wird. Nur in dem Fall großer Windgeschwindigkeiten ist die Reichweite des Gerätes nicht ausreichend. Die Reichweite der Höhenwind-Radargeräte beträgt zur Zeit etwa 100 km gegen einen Tripelspiegel von etwa 80 cm Kantenlänge.

Wetterradar

Schon im 2. Weltkrieg, als man mit der Wellenlänge der Radargeräte immer weiter ins cm- und sogar ins mm-Gebiet vorstieß, stellte man Reflexionen an Regenwolken fest (siehe Bild 16). Hierbei handelt es sich um eine Aufnahme, die mit um eine senkrechte Achse rotierender Richtantenne vom Bildschirm einer Katodenstrahlröhre aufgenommen wurde. Im Bild 17 wurde die Richtantenne in vertikaler Richtung auf- und abgeschwenkt. Außer diesen beiden Methoden der Abtastung werden auch Anordnungen verwendet, bei denen die Richtantenne senkrecht nach oben gerichtet ist und bei denen der Durchzug von Wolkenfeldern auf einem kontinuierlich bewegten Filmstreifen fortlaufend festgehalten wird.

In den Bildern 18 und 19 sind das Erscheinungsbild und das entsprechende Radarbild auf der Katodenstrahlröhre nebeneinander gezeigt.

Besonders starke Reflexionen ergeben sich dann, wenn in der Luft schwebende Eiskristalle zu schmelzen beginnen. Damit ist in günstigen Fällen die Möglichkeit gegeben, vom Erdboden aus die Höhe der Schicht, in der die Temperatur 0° C beträgt, genau festzustellen. Die Reflexion an diesen sogenannten Hydrometeoren hängt sehr stark von ihrer Größe und der verwendeten Radarwellenlänge ab. Für starken Regen genügt schon eine Wellenlänge von 10 cm, wie aus den Bildern 20 und 21 zu ersehen ist. Bei feinerem Regen

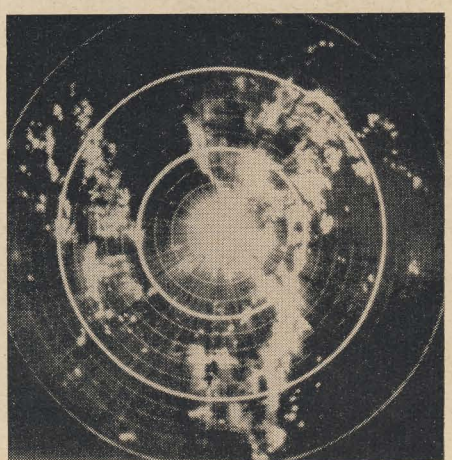


Bild 16: Radarbild von sommerlichen Gewittern, aufgenommen mit einem 10-cm-Radargerät. Entnommen [19]

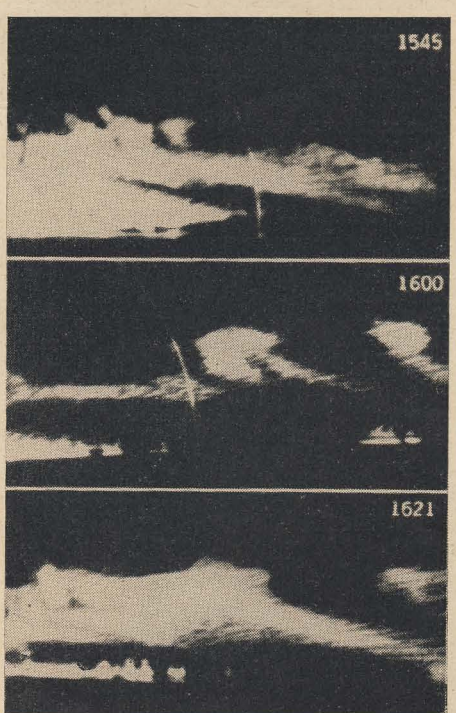


Bild 17: Senkrechtschnittbilder durch Wolkenfelder, aufgenommen mit einem 3,2-cm-Radargerät. Entnommen [19]

Bild 18: Radar- und Erscheinungsbild einer Kaltfront. Der Abstand der Entfernungskreise im Radarbild beträgt 20 sm. Entnommen [20]

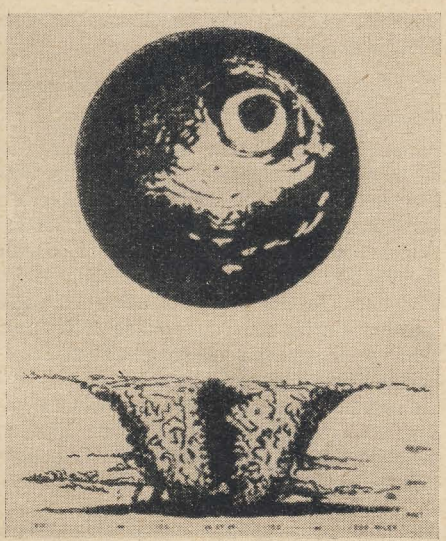


Bild 19: Radar- und Erscheinungsschnittbild eines Taifuns. Entnommen [20]

oder Nebel muß man jedoch schon bis an die Grenze des mm-Wellenbereiches herangehen, um brauchbare Reflexionen zu erhalten. Andererseits werden aber die kürzeren Wellen stärker absorbiert, so daß deren Reichweite beschränkt ist. Für rein wissenschaftliche Zwecke wird man daher stets bestrebt sein, in einem relativ breiten Frequenzband zumindest einige Inselfrequenzen für diese Art von Untersuchungen zur Verfügung zu haben. Für Flugzeuge werden die schon aus der Zeit des 2. Weltkrieges bekannten Bodenbetrachtungsgeräte als Wetterradargeräte eingesetzt (Bild 22). Diese Geräte arbeiten zumeist im 3- oder 5-cm-Band. Zum Teil sind sie sogar umschaltbar. Die Antennen werden hier um eine kreiselstabilisierte senkrechte Achse gedreht und ermöglichen die Darbietung als PPI-Bild oder Radarkarte. Neuerdings wird für Flugzeuge eine Zusatzeinrichtung verwendet. Bei Überschreiten einer vorgegebenen

Echoamplitude wird die Katodenstrahlröhre statt noch heller ganz dunkel gesteuert. So ist das Bild 23 entstanden. Diese sogenannte Iso-Echomethode gestattet es, starke Turbulenzgebiete, die für das Flugzeug gefährlich werden können, zu erkennen. Starke Turbulenzgebiete sind nämlich dort zu erwarten, wo die Breite des hellgeschriebenen Wolkenrandes nur gering ist.

Auf Be- und Entladeplätzen wird mit diesen Wetterradargeräten eine kurzfristige Wettervorhersage, die das Herannahen von Regengebieten rechtzeitig angibt, ermöglicht. Feuchtigkeitsempfindliche Güter können daher rechtzeitig in Sicherheit gebracht werden.

Um andererseits eine durch Regenechos ungestörte Navigation an Hand des Radarkartenbildes der Bodenreflexionen durchführen zu können, wird mit zirkularpolarisierter Strahlung gearbeitet. Eine zirkularpolarisierte Antenne kann ihre eigene ideal reflektierte Ausstrahlung nicht an derselben Stelle abgeben, an der die Einspeisung erfolgt [23].

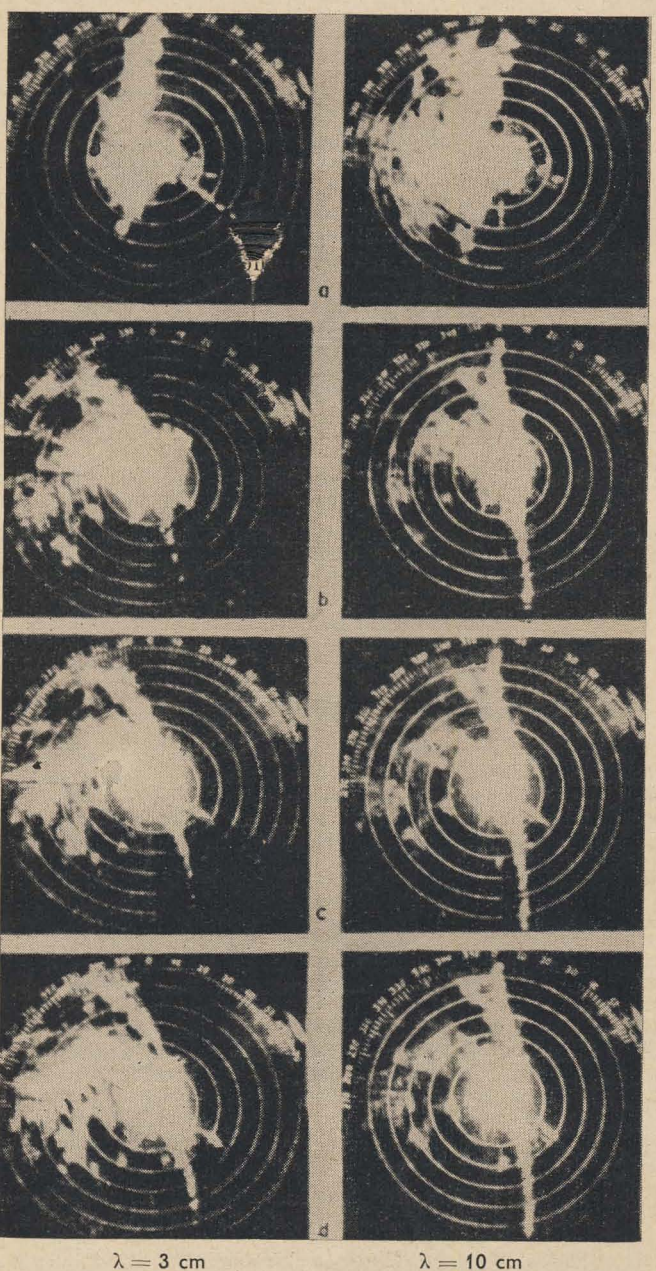


Bild 20: Durchzug einer Böenlinie, aufgenommen mit einem 3- bzw. 10-cm-Radargerät. Die Böenlinie nähert sich von Westen. Das 3-cm-Gerät zeigt ein schweres Regenband, von Norden nach Süden verlaufend. Hinter dem Regenband zeigt nur das 10-cm-Gerät noch weitere Niederschläge an. Die 3-cm-Welle wird schon zu stark absorbiert. Die Aufnahmen sind von oben nach unten in zeitlicher Reihenfolge geordnet. Entnommen [21]

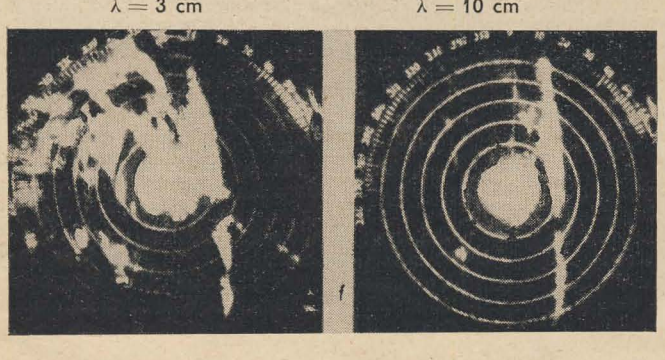


Bild 21: Durchzug einer Böenlinie wie im Bild 20, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt aufgenommen. Jetzt zeigt das 3-cm-Gerät weitaus mehr Einzelheiten auf der schwächeren Regenseite als das 10-cm-Gerät. Entnommen [21]

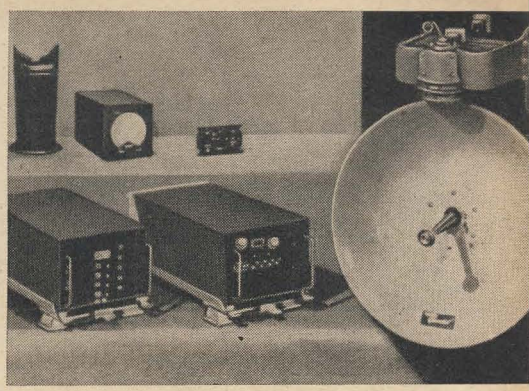


Bild 22: Gerätesatz einer Bendix-Flugzeug-Wetterradaranlage. Entnommen [22]

Derartige Wetterradaranlagen arbeiten mit Impulsspitzenleistungen bis zu 250 kW und Impulslängen von 0,5 bis 5 μs. Derartige Sendeleistungen können wir zur Zeit noch nicht zur Anwendung bringen, da die erforderlichen Bauelemente und Röhren fehlen. Nun ist es uns kürzlich im Wiss.-Techn. Büro für Gerätebau experimentell gelungen, eine „Impulsverdichtung" zu erzielen. Es werden längere Impulse mit gleitender Frequenz ausgesendet und im ZF-Teil der Empfänger mittels Kettenleiter frequenzabhängiger Laufzeit zu Impulsen kürzerer Dauer und

Bild 23: Radarbild von einem Gewitter mit Iso-Echozusatz aufgenommen. Die Bereichsmarken haben einen Abstand von 10 sm. Unter dem Winkel von 25° gegen den Uhrzeiger ist bei einer Entfernung von 22 sm die weiße Linie zwischen dem regenfreien Gebiet und dem Gebiet größerer Regenmengen am dünnsten, daher ist dort eine große Turbulenz vorhanden. Entnommen [22]

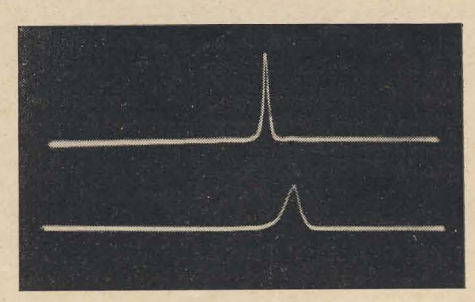


Bild 24: Aufnahme eines verdichteten und unverdichteten Impulses, aufgenommen mit einem Zweistrahloszillografen mit gemeinsamer Ablenkspannung; die Frequenz ist annähernd proportional der zeitlinearen Ablenkspannung. Diese Verdichtung wurde mit einem 20gliedrigen Kettenleiter mit frequenzabhängiger Laufzeit aufgenommen. Die Dauer des unverdichteten Impulses (unten) beträgt etwa 1 μs. Frequenzänderungsgeschwindigkeit optimal eingestellt

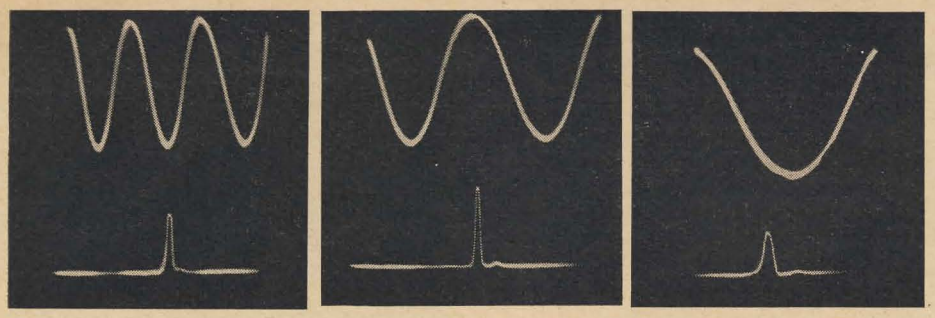


Bild 25 (links): Aufnahme wie Bild 24, jedoch nur statt des unverdichteten Impulses eine Vergleichsfrequenz von 100 kHz auf den Oszillografen gegeben. Ablenkgeschwindigkeit zu klein

Bild 26 (Mitte): Wie Bild 25, Ablenkgeschwindigkeit optimal

Bild 27 (rechts): Wie Bild 25, Ablenkgeschwindigkeit zu groß, Impuls läuft wieder auseinander

größerer Amplitude verdichtet [28, 29, 30]. Mit einer 20gliedrigen Allpaß-Laufzeitkette wurde ein 1-μs-Impuls auf 0,3 μs verdichtet. Die Spitzenamplitude des Impulses steigt um den Faktor 1,7, d. h. die Leistung auf den dreifachen Spitzenbetrag. Eine weitere Steigerung ist möglich, ohne daß die Einstellung der Frequenzänderungsgeschwindigkeit besonders kritisch wird (siehe die Bilder 24 bis 27). Es handelt sich hier offensichtlich um ein Optimalfilter symmetrischen Typs, da der zeitliche Verlauf des Nutzsignales spiegelbildlich zu dem zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung des Zwischenfrequenzempfängers mit Laufzeitkette bei Anregung durch einen Nadelimpuls ist [33]. Somit sind wir jetzt in der Lage, eine Reihe von Aufgaben mit den vorhandenen Senderöhren besser als bisher zu lösen bzw. überhaupt erst zu ermöglichen.

Schlußbetrachtung

Aus dem Dargelegten geht hervor, daß die Funkortung in der Lage ist, eine ganze Reihe von wertvollen Erkenntnissen über das Wettergeschehen zu liefern. In den größeren Industriestaaten wird nun, wie auf jedem Gebiet der Technik, so auch auf dem hier behandelten, fieberhaft an der Automatisierung gearbeitet. Automatische Nachführungen der Antennen ersetzen die manuelle Nachführung und damit einen Teil des Bedienungspersonals und erhöhen außerdem wesentlich die Meßgenauigkeit. Rechengeräte in Verbindung mit Schreibern oder Druckern erleichtern die Auswertarbeit bzw. beschleunigen die Auswertung der anfallenden, aber in dieser Form nicht interessierenden Meßergebnisse. Auch diese Richtung wird vom WTBG verfolgt.

Literatur

[1] K. G. Jansky: Proc. Inst. Rad. Eng. 20, 1932, S. 1920; 21, 1933, S. 1387; 23, 1935, S. 1158; 25, 1937, S. 1517.

[2] W. Dieminger: A.E.Ü. 7, 1955, Sept. S. 421 bis 427.

[3] Telefunken-Zeitung Jg. 29, H. 113, Sept. 1956.

[4] J. G. Davies: Bücherei der Funkortung, Bd. 5, T. 5, S. 34 bis 38, Verkehrs- und Wirtschaftsverlag, Dortmund.

[5] Ryle und Vonberg: Proc. Roy. Soc. (A) 193, 1948.

[6] Bücherei der Funkortung, Bd. 3.

[7] McCoy: Navigation, 1955, S. 309 bis 319, siehe auch Bücherei der Funkortung, Bd. 5, T. 5, S. 44 bis 55.

[8] R. Schulze: Annalen der Meteorologie, 1950, 1. Beiheft.

[9] P. Beelitz, Radio-Sonden, Verlag Technik, Berlin, 1954.

[10] E. Hüttmann: DWP Nr. 12414 vom 21. 8. 1953.

[11] Diamond, Hinman, Dunmore: Proc. IRE Vol. 26, Nr. 10 (1938) S. 1235 bis 1265.

[12] A. Hauer und M. van Tol: Philips Techn. Rundschau Okt./Nov. 1954, S. 115 bis 124.

[13] W. I. Smith und N. J. Hoeflich: Bulletin American Met. Soc. Vol. 35, Nr. 2, Febr. 54, S. 60.

[14] Friis und Feldman: Proc. IRE Vol. 25, 1937, S. 84.

[15] Polkinghorn: Bell System Technical Journal 1940, S. 306.

[16] Ross und Bramley: IEE Vol. 98, 1951. S. 294.

[17] Kotowski, Schüttlöffel und Vogt: A.E.Ü, 1950, S. 247.

[18] Wilkins und Minnis: Wireless Eng. Febr. 1956.

[19] Kerr: Propagation of Short Radio Waves. Verl. McGraw-Hill, New York, 1951, S. 636.

[20] Radar and weather, Chief of Naval Operations Washington DC, Okt. 1945.

[21] Meade: Bücherei der Funkortung, Bd. 5, T. 4, S. 85 bis 102.

[22] Colbert, Bücherei der Funkortung, Bd. 5, T. 4, S. 70 bis 84.

[23] Ridenour: Radar System Engineering. Verlag McGraw-Hill, New York, 1947.

[24] H. F. Mayer: Bücherei der Funkortung, Bd. 5, T. 5, S. 26 bis 33.

[25] W. Stanner: Leitfaden der Funkortung, Elektron-Verlag, Garmisch-Partenkirchen, 1952.

[26] E. Hüttmann: Nachrichtentechnik, Nr. 1 (1953) S. 17 bis 22.

[27] J. H. Oort: NT[illegible] Nr. 1 (1957) S. 39 bis 41.

[28] E. Hüttmann: DRP Nr. 768068 1940.

[29] R. Krönert, Nachrichtentechnik Nr. 4 (1957).

[30] M. Cauer, DBPat. Nr. 892772 (1950).

[31] E. Hüttmann, DWP angem.

[32] E. Hüttmann, DWP angem.

[33] W. Meyer-Eppler: Impulstechnik. Springer Verlag, Berlin, 1956, S. 45.

[34] RADIO UND FERNSEHEN Nr. 12 (1957), Sonderheft zum Int. Geophys. Jahr.

Ionosphärenstation des Max-Planck-Institutes in Südwestafrika

Als Beitrag zum IGJ wird unter der Leitung von Prof. Dieminger vom Max-Planck-Institut, Lindau bei Northeim, in Tsumeb bei den Otavi-Minen in der Nähe des erdmagnetischen Äquators eine Ionosphärenstation eingerichtet. Die Messungen werden auf dem Funkwege der Zentrale in Lindau am Harz übermittelt und von dort an die Internationale Zentrale weitergeleitet. — Ferner soll Prof. Möller, Mainz, eine meteorologische Station in San Salvador einrichten.

Einsatz elektronischer Rechenmaschinen im IGJ

Eine elektronische Rechenanlage vom Typ IBM 704 soll zur Berechnung der Bahn und des jeweiligen Standortes des künstlichen Erdsatelliten in den USA eingesetzt werden. Sofort nach dem Start des Satelliten wird das elektronische Rechenzentrum vom Projekt Vanguard in Washington in Aktion treten. Die IBM 704 führt auf Grund von Informationen der ständigen Beobachtungsstellen eine genaue Berechnung der Umlaufbahn durch. Mit Hilfe dieser Berechnungen ist das Rechenzentrum in der Lage, den Beobachtungsstationen das Auftauchen des Satelliten genau vorherzusagen.

Polarexpedition Schweiz – Finnland – Schweden

Ein wissenschaftliches Dorf wird von einer schweizerisch-finnisch-schwedischen Polarexpedition am nördlichen Rand des Spitzbergen-Archipels in der Murchison Bay, auf 80° nördlicher Breite, für Forschungsarbeiten anläßlich des IGJ errichtet. Initiator des Unternehmens und verantwortlich für die schweizerische Beteiligung ist Prof. Dr. Jean Lugeon, Direktor der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich, der im Juli und August den Beginn der wissenschaftlichen Arbeiten an Ort und Stelle anleiten wird. Neben zwei Schweizer Physikern werden zwölf schwedische und finnische Wissenschaftler, ein Arzt, die Techniker und Funker sowie ein Koch den Winter im hohen Norden verbringen.
Das wissenschaftliche Programm der Expedition umfaßt die Gesamtheit der Geophysik, der Physik der Atmosphäre und der allgemeinen Meteorologie. Innerhalb des Lagers werden spezielle Abteilungen für die kosmischen Strahlen, den Erdmagnetismus, das Polarlicht, die Meteorologie, die Radiometeorologie, die Aerologie, die Physik und Chemie der Luft und die Radioaktivität der Luft eingerichtet. Stündlich müssen etwa 30 verschiedene Elemente beobachtet und ihre Ergebnisse aufgezeichnet werden. Zur Messung der Leitfähigkeit der Luft werden etwa 100 Radiosonden eingesetzt. Eine mehrere hundert Meter lange Rollbahn sowie Verbindungswege zur Küste werden den Zugang zum Lager ermöglichen. Außerdem ist eine ständige telefonische Verbindung mit Skandinavien und der Schweiz vorgesehen.
Die Auswertung der gemachten Beobachtungen wird nach Schätzungen der Wissenschaftler eine Zeit von mehreren Jahren beanspruchen.

PAUL BEELITZ

Der Einsatz des Radiosonden-Dienstes der DDR während des Internationalen Geophysikalischen Jahres

Allgemeine Aufgaben des Radiosonden-Dienstes

Eine Radiosonde ist ein physikalisches Meßgerät, das Zustandsgrößen in der freien Atmosphäre mißt und diese Meßergebnisse drahtlos meldet. Als Luftfahrzeug für eine Radiosonde dient meist ein freifliegender dehnfähiger Ballon, für Spezialforschungen eine Rakete. Demnach unterscheidet man Ballon-Radiosonden und Raketen-Radiosonden [1, 2].

Vom synoptischen Wetterdienst werden hauptsächlich die Meßdaten für Lufttemperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit aus der freien Atmosphäre benötigt. Aus optischen Visierungen der Ballonbahn oder aus elektrischen Peilverfahren, gegebenenfalls unter Benutzung einer fliegenden Ballon-Radiosonde, können Richtung und Geschwindigkeit des Höhenwindes errechnet werden. Diese aerologischen Zustandsgrößen sind mit der Höhe veränderlich, und die Änderungen stehen nicht immer in einem funktionalen Zusammenhang.

Die moderne Wettervorhersage beruht auf einer sorgfältigen dreidimensionalen Analyse. Die Zeiten, in denen man auf Grund der Bodenwetterkarte allein Prognosen aufstellte, gehören der Vergangenheit an. Die Meßergebnisse aus der freien Atmosphäre erlangten ihre große Bedeutung erst dadurch, daß man sie ähnlich so in synoptische Darstellungen als Zustandsgrößen zu verarbeiten und auszuwerten verstand wie die Wettermeldungen bei den Bodenwetterkarten. Mit dem Eingliedern der Aerologie in den synoptischen Wetterdienst war es möglich, eine dreidimensionale luftmassenmäßige Arbeitsweise durchzuführen, Höhenwetterkarten für verschiedene Niveauflächen zu zeichnen und eine Vorhersagekarte zu konstruieren. Diese Entwicklung wurde in den Kulturländern durch ein synoptisches Netz von Wetterflugstellen angebahnt und erst durch die Ablösung des Wetterflugzeuges durch die Ballon-Radiosonden zur Anerkennung gebracht.

Nach internationaler Vereinbarung werden an aerologischen Stationen, die über die ganze Welt verteilt sind, täglich ein bis vier Radiosondenaufstiege durchgeführt (Bild 1).

Für den nationalen und internationalen Wetterdienst benötigt man Höhen je nach den Erfordernissen von 12 bis 16 km.

Bild 1: Start einer Ballon-Radiosonde

Neben dem Wetterdienst ist die Flugsicherung sowohl national als auch international an den Meßdaten der Ballon-Radiosonden bis zur Höhe von rund 14 km interessiert. Im Bereich der Deutschen Demokratischen Republik arbeiten vier Radiosonden-Aufstiegsstellen: Wahnsdorf bei Dresden, Greifswald, Lindenberg Krs. Beeskow und Wernigerode. Für den praktischen Wetterdienst und für die Flugsicherung werden in der DDR seit nunmehr zehn Jahren an diesen Radiosonden-Aufstiegsstellen täglich je zwei Aufstiege und zusätzlich je zwei separate Höhenwindmessungen durchgeführt.

Vorbereitungen zum Internationalen Geophysikalischen Jahr

Seit dem ersten Start einer Radiosonde im Jahre 1930 sind die unterschiedlichsten Konstruktionen in den verschiedenen Ländern gestartet worden. Zur Zeit gibt es 15 bis 20 Typen, die im praktischen Einsatz stehen. Beim Zeichnen von Höhenwetterkarten werden vom praktischen Wetterdienst Inhomogenitäten in der Linienführung festgestellt, die auf die systematischen Fehler der verwendeten Radiosondentypen zurückzuführen sind. Auf Anregung der Weltwetterorganisation wurden auf Grund von statistischen Untersuchungen diese Inhomogenitäten für das europäische Netz bestätigt [3]. Die Kommission für Instrumente und Beobachtungen der Weltwetterorganisation hat daraufhin im Mai/Juni 1956 für die Dauer von fünf Wochen einen Weltvergleich von Radiosonden in Payerne (Schweiz) durchgeführt, bei dem 14 verschiedene Radiosondentypen praktisch verglichen worden sind. Der Hauptzweck dieses internationalen Vergleiches war, die systematischen mittleren Differenzen zwischen den verschiedenen Radiosondentypen festzustellen, um die Ergebnisse im Hinblick auf das IGJ zu verwerten. Als ebenso wichtiger Punkt hat sich die Beseitigung des Strahlungsfehlers bei der Temperaturmessung ergeben.

Einsatz der Radiosonden während des IGJ

In Payerne wurde die Dienst-Radiosonde der DDR „Modell Lang" geprüft. Dieses Gerät gibt in einer Minute je zwei Temperatur- und je eine Feuchtemessung. Es hat sich in Payerne bestätigt, daß Temperaturumkehrschichten, sogenannte Inversionen, nicht exakt erfaßt werden können. Mit Beginn des IGJ wird ein verbesserter Typ, das Modell „Freiberg" (Bild 2), gestartet werden [4]. Dieses Gerät gibt in einer Minute je vier Temperatur- und vier Feuchtemessungen. Die Druckstufen sind verdoppelt worden. Als besondere Neuerung gilt der tonmodulierte Sender. Dazu kommt bereits eine Verbesserung des Strahlungsschutzes.

Modell „Freiberg"

Meßprinzip

Die Messung des Luftdrucks, der Temperatur und der Feuchtigkeit erfolgt rein mechanisch und völlig unabhängig voneinander. Der Sender beeinflußt das Ergebnis nicht, sondern dient lediglich als Übertragungsorgan.

Luftdruckmessung

Die Messung des Luftdrucks erfolgt in festen Stufen. Eine Doppel-Vidiedose aus Kupfer-Beryllium läßt eine Kontaktfeder über eine Leiste aus Isoliermaterial mit eingelegten Kontaktstreifen gleiten (vgl. Bilder 3 und 4). Die Kontaktstreifen sind zu einzelnen Gruppen zusammengefaßt. Der Kontaktabstand innerhalb dieser Gruppen ist gleich, d. h. die Luftdruckdifferenz innerhalb dieser Gruppen ist dieselbe. Jeder fünfte Kontaktstreifen ist als Doppelkontakt ausgebildet und dient als Kontrollkontakt. Die den einzelnen Kontakten zuzuordnenden Luftdruckwerte werden durch Eichung bestimmt. Beim Erreichen eines Druckkontaktes schaltet die dauernd gesendete normale Tonfrequenz auf eine andere Tonfrequenz um.

Temperaturmessung

Die Temperatur wird aus Zeitabständen von kurzen Unterbrechungen bestimmt, die ebenfalls durch Umschalten der ausgestrahlten Tonfrequenz auf eine andere Tonfrequenz bewirkt werden.

Der Bimetallstreifen als Meßorgan bewegt einen Kontaktstern, der reibungsfrei auf einer mit einer Kontaktspirale umgebenen Walze aus Isoliermaterial spielt, auf der außerdem noch der Zeitmarkenkontakt arbeitet. Die Walze wird durch ein Laufwerk mit einer Geschwindigkeit

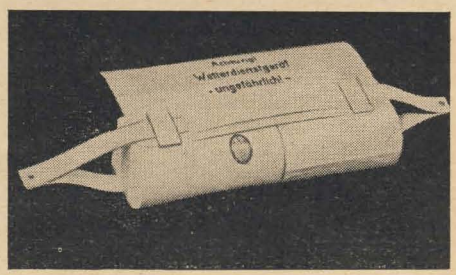


Bild 2: Radiosonde Modell „Freiberg"

von vier Umdrehungen in der Minute angetrieben. Die Zeitabstände zwischen dem Zeitmarkenkontakt und den Kontakten, die der durch das Bimetall gesteuerte Kontaktstern bei Drehung der Walze nacheinander mit der Kontaktspirale schließt, geben die Temperatur an. Der Winkelabstand der einzelnen Arme des Kontaktsternes ist so gewählt, daß sich ein Kontaktarm auf die Walze legt und die Kontaktgebung übernimmt, ehe der benachbarte Kontaktarm bei Drehung des Sternes die Walze verläßt.

Der Kontaktbereich eines Sternarmes entspricht etwa 15° C. Die Zeitabstände zwischen den Zeitmarkenkontakten untereinander gestatten eine dauernde Kontrolle des Ganges der Sondenuhr.

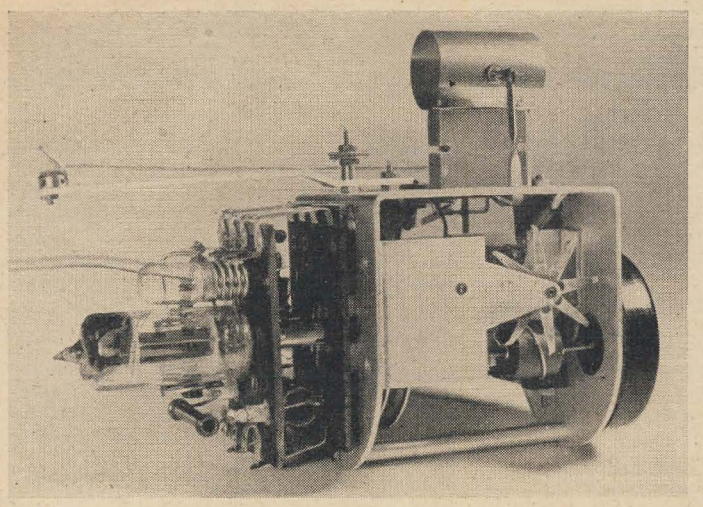
Feuchtemessung

Die relative Luftfeuchtigkeit wird durch eine Haarharfe (fünf gewalzte Haare) gemessen, die durch ihre Längenänderung einen Hebel steuert, der genau wie der Temperaturstern auf der Kontaktwalze arbeitet. Die Zeitabstände zwischen dem Einsatz des Feuchtekontaktes und dem der Zeitmarke geben die Werte der relativen Feuchte an. Der Einsatz des Feuchtekontaktes bewirkt das Umschalten der gesendeten normalen Tonfrequenz auf eine andere Tonfrequenz. Es erfolgen in der Minute vier Temperatur- und vier Feuchtemessungen.

Die Meßgenauigkeit der Radiosonde beträgt für Druck $\pm$ 2 mb, für Temperatur $\pm$ 0,2° C und für Feuchte $\pm$ 3%.

Der technische Aufbau der Radiosonde

Die startfertige Radiosonde besteht aus dem Meßteil mit den Meßelementen für Druck, Temperatur und Feuchtigkeit und einem Kurzwellensender, der durch eine Anoden- und eine Heizbatterie betrieben wird. Meßteil und Sender sind zusammen mit den Batterien in einem Schutzgehäuse aus Kunststoff untergebracht.



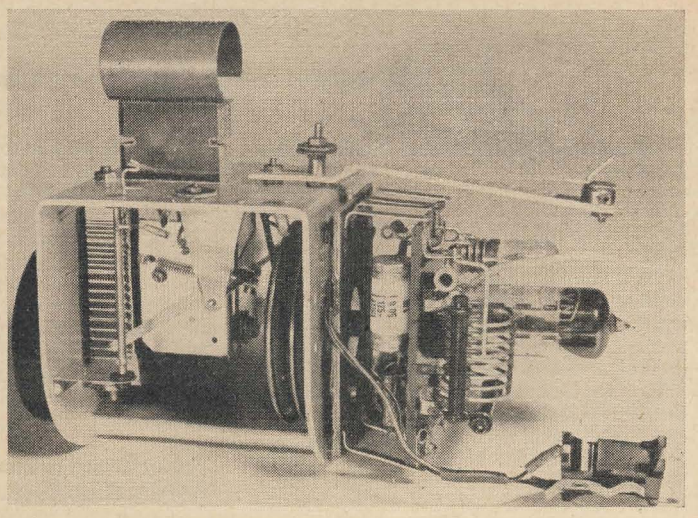


Bild 3: Radiosonde Modell „Freiberg" ohne Schutzhülle. Auf beiden Fotos ist der über Kontaktfedern angeschlossene Sender zu sehen

Die Druckdose überträgt ihren Ausschlag über ein federnd gelagertes Zwischengelenk auf die am Grundkörper drehbar gelagerte Hebelachse, auf der die Druckkontaktfeder verstellbar angeordnet ist, die mit ihrem zugespitzten und umgebogenen Ende auf der am Grundkörper befestigten Druckkontaktleiste schleift. Zum Vermeiden des toten Ganges wird das Bronzebändchen durch eine Zugfeder leicht nach unten gezogen. Die Druckkontaktleiste ist isoliert am Grundkörper befestigt.

An der Rückseite des Grundkörpers ist das Bimetall mit Hilfe eines Isolierbocks befestigt. Das Bimetall wird gegen Strahlung durch einen sogenannten inneren Strahlungsschutz geschützt. Vom Bimetall geht eine Übertragung zum Temperaturkontaktstern, der zusammen mit der Kontaktwalze an der Zwischenwand drehbar gelagert ist. Der tote Gang wird durch eine Zugfeder, die sich an der Stirnseite des Grundkörpers befindet, ausgeschaltet. Der Antrieb der Kontaktwalze erfolgt durch ein Laufwerk, das sich an der Unterseite des Grundkörpers befindet. Die Kontaktfeder für die Zeitmarke ist mit einer Schraube am Grundkörper befestigt.

Der Hebel mit der Feuchte-Kontaktfeder ist drehbar im Grundkörper gelagert. Durch eine Bohrung in der Rückseite des Grundkörpers ragt ein kleiner Haken, in den die Haarharfe eingehängt wird. Das andere Ende der Harfe wird an einer exzentrisch angebrachten Rolle des Haarträgers befestigt. Letzterer ist an der Rückseite des Grundkörpers angeschraubt. Durch eine kleine Zugfeder wird die Haarharfe leicht gestrafft und so aufgehängt, daß sie sich außerhalb des inneren Strahlungsschutzes befindet.

An der Stirnseite des Grundkörpers ist eine Platte aus Isoliermaterial mit sechs Kontaktfedern für die Befestigung des Senders angebracht. Von dieser Platte aus gehen die Anschlußleitungen zu den einzelnen Meßelementen und den Batterieanschlüssen, die in einem Dreipolstecker enden. Der Meßteil wiegt 185 g.

Das Schutzgehäuse

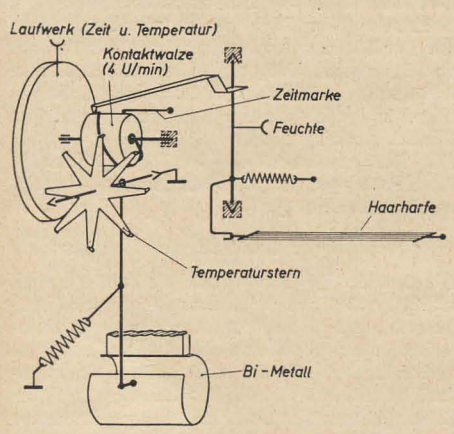
Das dreiteilige Schutzgehäuse besteht aus Unter- und Oberteil sowie dem äußeren Strahlungsschutz. Um Strahlungsfehler weitestgehend auszuschalten, wurde das Gehäuse aus weißem, glänzendem Kunststoff hergestellt. Im Unterteil des Gehäuses werden die Batterien und der Meßteil, im Oberteil der Sender untergebracht. In der Stirnseite des Gehäuses befindet sich eine kleine Öffnung zur Durchführung des Antennenanschlusses. Die einzelnen Teile des Gehäuses werden zusammengesteckt, so daß jegliche Schraubverbindungen vermieden werden. Der äußere Strahlungsschutz wird durch Haltestreifen festgehalten, die durch vier Schlaufen, die sich an dem Ober- und Unterteil des Gehäuses befinden, geschoben werden. Das Schutzgehäuse umschließt Meßteil und Sender völlig. Das Gehäuse mit Aufhängevorrichtung und innerem Strahlungsschutz wiegt 210 g.

Der Sender

Der Sender (s. Bild 3) ist gitterstrommoduliert. Er arbeitet auf der Frequenz von 27,75 MHz (Wellenlänge = 10,81 m). Ein veränderlicher Widerstand regelt automatisch die Heizspannung, wodurch ein Ausfall des Senders bei Absinken der Batteriespannung verhindert wird. Das Verändern der Modulation erfolgt durch umschaltbare Widerstände, wobei die einzelnen Meßelemente durch verschiedene Tonhöhen gekennzeichnet sind. Mit dem Meßteil wird der Sender leicht auswechselbar durch federnde Haltewinkel verbunden. Der Sender wiegt 32 g.

Stromquellen für die Radiosonde

Als Anodenbatterie wird eine Trockenbatterie verwendet. Sie besteht aus serienmäßigen Zellen auf Zink/Kohle-Basis. Um den Kälteeinfluß auszuschalten, sind die Zellen in Zellwatte eingepackt. Die Batterie liefert eine Spannung von 67,5 V. Als Heizbatterie finden zwei in Serie geschaltete Kleinakkus, System Rulag, Verwendung. Sie liefern eine Spannung von etwa 4 V, die über den Regelwiderstand auf die benötigten 2,4 V abfällt. Anoden- und Heizbatterie sind im Schutzgehäuse untergebracht. Die Inbetriebsetzung erfolgt mit einer außerhalb des Gehäuses angebrachten Dreifachkupplung. Das Gewicht der Batterien beträgt 185 g.



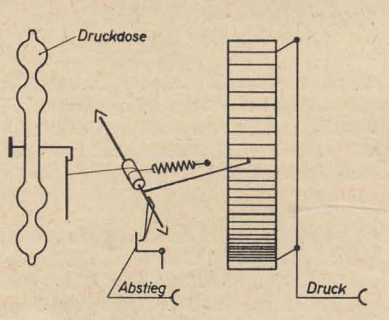


Bild 4: Meßprinzip der Radiosonde Modell „Freiberg"

Aufstiegszeiten

Während die aerologischen Haupttermine früher bei 03.00, 09.00, 15.00 und 21.00 Uhr Weltzeit lagen, ist jetzt von der Welt-Wetter-Organisation besonders im Hinblick auf das IGJ eine Änderung der aerologischen Haupttermine auf 00.00, 06.00, 12.00 und 18.00 Uhr Weltzeit empfohlen worden. Im Bereich der DDR werden somit um 00.00 Uhr und 12.00 Uhr Weltzeit von den vier Radiosonden-Aufstiegsstellen täglich je zwei Radiosondenaufstiege mit Höhenwindmessungen und um 06.00 und 18.00 Uhr Weltzeit täglich je zwei separate Höhenwindmessungen durchgeführt. Diese Änderung gilt international für die gesamte Welt.

Erreichte Höhen

Früher war man bestrebt, mit Rücksicht auf den praktischen Wetterdienst und die Flugsicherung Höhen bis 100 mb ≙ 16 km möglichst zu garantieren. Von seiten der Weltwetterorganisation ist im Hinblick auf das IGJ empfohlen worden, größere Höhen zu erreichen, und zwar möglichst 50 mb ≙ 21 km oder gar 30 mb ≙ 24 km. Da zusätzlich während des IGJ noch Peilsender für eine elektrische Höhenwindmessung mit angehängt werden müssen, was also eine Vergrößerung der Nutzlast bedeutet, mußte sich die Industrie auf größere und für diese Zwecke geeignetere Ballone umstellen. Während des IGJ werden in der DDR dehnfähige Kautschukballone mit einem Gewicht von 1500 g verwendet.

Welttage

Im IGJ unterscheidet man drei verschiedene Arten von Welttagen:

Die regulären Welttage, an denen auf allen Spezialgebieten des IGJ ein erweitertes Beobachtungsprogramm vorgesehen ist. Im allgemeinen sind es drei bis vier Tage in einem jeden Monat, von denen zwei aufeinanderfolgende Tage um die Zeit des Neumondes liegen.

Die meteorologischen Weltintervalle, die aus Serien von zehn aufeinanderfolgenden Tagen um die Zeiten der Äquinoktien (21. 3.

und 23. 9.) und der Solstitien (21. 6. und 21. 12.) bestehen. Auch an diesen Welttagen soll ein erweitertes Beobachtungsprogramm durchgeführt werden.

Die speziellen Weltintervalle, die zu veränderlichen Zeiten besonders stark abweichender erhöhter Sonnentätigkeit bzw. bedeutender geomagnetischer und ionosphärischer Effekte kurzfristig angesetzt werden.

Der Radiosonden-Dienst der DDR wird gegebenenfalls während der ersten und zweiten Gruppe der Welttage statt mit täglich zwei mit täglich vier Radiosondenaufstiegen in jeder Radiosonden-Aufstiegsstelle beteiligt sein.

Höhenwindmessung

Bisher wurden im Bereich der DDR Höhenwindmessungen nach der optischen Methode durch Verfolgung des fliegenden Ballons mittels eines Ballontheodoliten durchgeführt (Bild 5).

Die optische Methode hängt aber von der Bewölkung und von der Sichtweite ab. Bei einer statistischen Zusammenstellung (über drei Jahre) ergab sich in der DDR, daß nur rund 66% der Sollstarts optisch verfolgt werden konnten. Leider ist es nun aber nicht so, daß von den täglich vorgeschriebenen 16 Terminstarts tatsächlich immer 11 durchgeführt werden können. Bei wolkigem oder bedecktem Wetter fallen meist alle Höhenwindmessungen aus, und gerade dann werden sie dringend gebraucht. Die mittlere Höhe für Höhenwindmessungen in der DDR wird mit 4600 m angegeben. Dabei muß aber beachtet werden, daß rund 50% aller wirklich gestarteten Ballone zur Höhenwindmessung

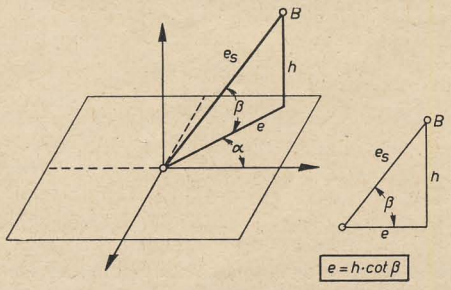


Bild 5: Schema der optischen Höhenwindmessung (Einfach-Anschnitt); α und β gemessen, h entweder konstant oder der Druckmessung entnommen

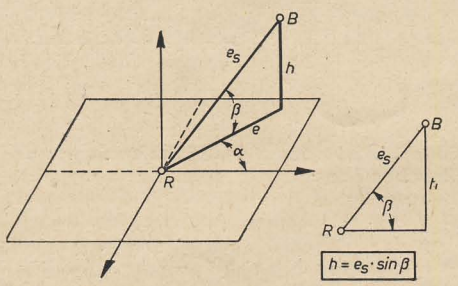


Bild 6: Schema der elektrischen Höhenwindmessung (R = Radargerät); e_s, α und β gemessen

nur bis 3 km Höhe kommen, 25% werden noch in 5 bis 6 km Höhe gezählt, und nur 10% erreichen 10 bis 12 km Höhe. Die geforderte Höhe von 100 mb ≙ 16 km wird nur noch von durchschnittlich 3% der wirklich durchgeführten Starts angeschnitten.

Bei der Methode der optischen Verfolgung der Ballonbahn wird der Sichtstrahl von einem optischen Fernrohr am Erdboden (Ballon-Theodolit) aufgefangen. Wenn sich der Ballon außerhalb der optischen Sicht befindet, kann diese optische Methode nicht mehr verwendet werden. Hier zeigt sich die elektrische Methode überlegen. Wenn man von einem elektrischen Sendegerät am Boden (Radargerät) stark gebündelte Impulse zum Ballon gerichtet ausstrahlt und sie von einem Hochfrequenzreflektor unterhalb des Ballons zurückgestrahlt erhält, dann ist mit dieser Methode mit einem Windfinding-Radargerät die Ballonbahn auch außerhalb der Sichtweite, also theoretisch bei jedem Wetter in jedem Punkte zu orten (Bild 6).

Will man mit sehr großen Höhen und sehr großen Reichweiten arbeiten, dann würde das Radargerät am Erdboden durch seine notwendige Überdimensionierung nicht mehr rentabel genug erscheinen. Aus diesem Grunde geht man im praktischen Wetterdienst der Welt mehr und mehr vom Windfinding-Radargerät ab und bevorzugt die Methode mit einem Peilsender. Von dem Sender werden während des Fluges Impulse ausgestrahlt, die von einer Empfangsstelle aus geortet werden. Der jeweilige Standort des Peilsenders über Boden, der dem Ballonort gleichzusetzen ist, wäre rein theoretisch wie beim optischen Doppelanschnitt durch zwei örtlich verschiedene Peilstellen bestimmt.

Da die Genauigkeit der Azimutmessung dieser Art nicht so groß ist wie beim optischen Doppelanschnitt, wurde früher das Anpeilen von mindestens drei im Gelände in einem Peildreieck angeordneten Stellen aus durchgeführt. Aus der Gesamtheit der Projektion der Schnittpunkte der Azimutortungen, die praktisch in Minutenabständen ermittelt werden, ergibt sich ein Bild der Ballonbahn über Grund. Aus den Schnittpunkten der drei Richtungsstrahlen erhält man ebenfalls in Minutenabständen die Schrägentfernung.

Mit Beginn des IGJ wird der Radiosonden-Dienst erstmalig an den Radiosonden-Aufstiegsstellen Wahnsdorf und Greifswald mit einem Peilsender am fliegenden Ballon und nur einem Radiotheodoliten am Erdboden arbeiten (Bild 7)[1]).

Schlußbemerkungen

Die letzten Monate bis zum Beginn des IGJ dienten dazu, praktisch zu erproben, ob die größenordnungsmäßig erkannten systematischen und gelegentlichen Fehler noch irgendwelche Störungen in der Vergleichbarkeit der Radiosondentypen bringen. Gegebenenfalls sind Korrektionen bei den Standard-Niveauflächen anzubringen.

Durch den geplanten Einsatz der Radiosonden „Modell Freiberg" ist von der Produktionsseite her eine wesentliche Verminderung des Strahlungsfehlers bei der Temperaturmessung zu erwarten. Bis zum Beginn des IGJ wird aber die Eliminierung des noch restlichen Strahlungsfehlers nicht abgeschlossen sein. Auch hier könnte daran gedacht werden, daß gegebenenfalls Korrektionen wegen des Strahlungseinflusses angebracht werden müßten.

Gerade die genaue Erfassung der Temperatur in Höhen oberhalb von 100 mb ≙ 16 km bis wünschenswert 10 mb ≙ 40 km ist unbedingte Notwendigkeit, denn man hat einmal eine fast immer feststellbare und nur gelegentlich schwankende Erwärmung wegen des variablen Ozoneinflusses festgestellt. Gleichzeitig aber hat man periodenhaft auftretende plötzliche und enorme Erwärmung in größten Höhen beobachtet. Über das gesamte Problem der Erwärmung in größten Höhen besteht noch keine klare Übersicht. Dieses Problem ist erstrangig zu analysieren und möglichst zu klären. Die Auswirkungen nach Lösung des Problems könnten für die praktische Nutzanwendung sehr förderlich, vielleicht auch sogar umwälzend sein.

Dadurch, daß jetzt über die ganze Welt verteilt zu gleichen Zeiten Höhenwindmessungen bis in sehr große Höhen durchgeführt werden, ist eine Möglichkeit gegeben, das Phänomen einer Schicht mit sehr großer Windgeschwindigkeit (in 7···10 km gelegentlich 167···185 km/h) im Weltmaßstab zu untersuchen. Auch dabei wird bei Lösung dieses Yet-stream-Problems die praktische Nutzanwendung von sehr großem allgemeinen Interesse für den nationalen Wetterdienst und für die international arbeitende Flugsicherung sein.

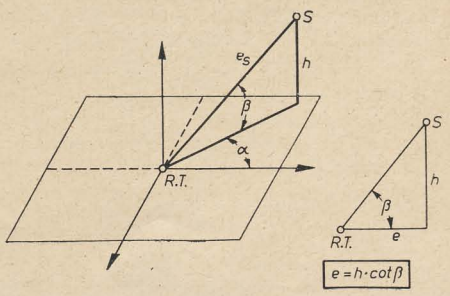


Bild 7: Schema der elektrischen Höhenwindmessung (RT = Radiotheodolit); α und β gemessen, h der Druckmessung entnommen

Literatur

[1] Dr. P. Beelitz: Radiosonden, VEB-Verlag Technik, Berlin 1954.

[2] Dr. P. Beelitz: Modifikationen des Begriffes Aerologie, Zeitschr. f. Met., Berlin (1956), Bd. 10, Heft 11/12.

[3] J. Lugeon und P. Ackermann: Les anomalies de reseau aerologique européen-Ann. de la Station centrale de Meteorologie, Zürich 1956.

[4] W. Dirks: Eine neue Radiosonde in der Deutschen Demokratischen Republik, VEB Verlag Technik, Messeheft, 3 (1956) Berlin.

[5] Freiberger Werkstätten für Elektromechanik, Technische Beschreibung „Radiosonde Modell Freiberg", Eigendruck 1957.

[1]) Siehe Beitrag „Radiotheodolit für Höhenwindmessung" S. 414.

Automatische Wetterstation in der Antarktis

Eine von französischen Meteorologen, Physikern und Ingenieuren in Point Nepean bei Melbourne erprobte automatische Wetterstation wird während des IGJ die Automation am Südpol einleiten. Sie soll in Wilkes-Land in 500 km Entfernung vom nächsten Stützpunkt stationiert werden und mit einer Reichweite von 1200 km stündlich Meldungen über Windgeschwindigkeit und -richtung, Luftdruck und -temperatur, Luftfeuchtigkeit usw. ausstrahlen. Die Batterieausrüstung wird einen mehrmonatigen Betrieb der Anlage gestatten. Die von zahlreichen Registriergeräten aufgenommenen Daten werden von einer elektronischen Anlage für die Modulation von zwei Kurzwellensendern ausgewertet. Außerdem übernimmt diese Anlage das automatische Ein- und Ausschalten der Sender. In jeder Sendung wird 14mal das Rufzeichen und dreimal der Wetterbericht durchgegeben. Nach Abschluß des 18monatigen Einsatzes in der Antarktis soll die automatische Wetterstation dann später in dem trockenen Wüstengebiet Zentralaustraliens stationiert werden.

In Australien wird bereits heute der Einsatz mehrerer solcher Stationen in den Wüstengebieten des Landes erwogen, da die großen Entfernungen, die klimatischen Verhältnisse und die damit verbundenen Versorgungsschwierigkeiten die Einrichtung meteorologischer Stationen mit menschlicher Bedienung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht in diesen Gebieten beinahe unmöglich machen.

MARTIN GÖRSDORF und DANKWART OBST

Radiotheodolit für Höhenwindmessung

Der in diesem Beitrag beschriebene Radiotheodolit wurde im HF-Labor des Aerologischen Observatoriums Lindenberg des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der DDR entwickelt.

Radiotheodoliten sind elektrische Peilgeräte, mit denen, ähnlich wie bei optischen Theodoliten, der Höhen- und Seitenwinkel eines sich frei im Luftraum bewegenden Zieles (Ballon mit Peilsender) bestimmt werden kann. Die dritte zur Flugbahnberechnung notwendige Größe

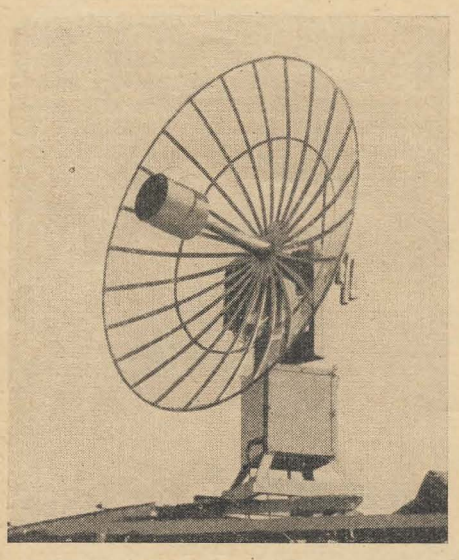


Bild 1: Antennenanlage des Radiotheodoliten mit Nachführeinrichtung

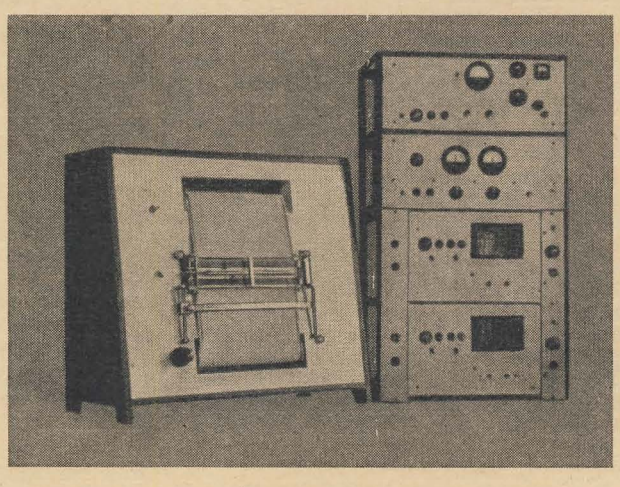


Bild 2: Schreibgerät, Empfangs- und Regelgestell des Radiotheodoliten

— die Höhe des Senders — muß aus der vorgegebenen Steiggeschwindigkeit des Ballons als Träger des Senders bzw. aus einer Radiosondenmessung entnommen werden. Der Fehler bei der Messung des Höhen- und Seitenwinkels darf hierbei nicht wesentlich über 0,1° liegen.

Weiter muß aus wirtschaftlichen Gründen der materielle Aufwand für Ballon und Peilsender äußerst gering gehalten werden, wobei eine Reichweite bis zum Platzen des Ballons in 20 bis 25 km Höhe bei einer Schrägentfernung von 120 bis 140 km gesichert sein muß. Diese Forderung war bestimmend für die Wahl des 400- bis 420-MHz-Gebietes als Trägerfrequenz für den Radiotheodoliten.

Die Messung und Registrierung der Winkel wird vollautomatisch durchgeführt und damit die Absolutgenauigkeit der Winkelmessung allein durch die mit dem Gerät erreichbare Genauigkeit bestimmt. Das ist ein sehr wesentlicher Faktor, denn es hat sich gezeigt, daß der Fehler durch das Bedienungspersonal zum Teil wesentlich größer werden kann als der durch das Gerät allein bedingte Fehler. Die automatische Nachführung der Antenne auf das frei fliegende Ziel verlangt eine Antenne mit umlaufender Signalkomponente (Flimmer- oder Schnittpunktpeilung). Zeigt die elektrische Achse (Bild 3), die theoretisch senkrecht auf der Antennenebene steht, genau auf das Ziel, dann ist die Amplitude der Eingangsspannung beim Umlauf der Signalkomponente konstant. Bei einer Winkelabweichung des Zieles von der elektrischen Achse (Bild 4) ändert sich die Amplitude entsprechend der jeweiligen Stellung der Signalkomponente.

Bild 5 zeigt das Blockschaltbild der Gesamtanlage. Als Antenne dient eine exzentrisch rotierende Wendel im Parabolspiegel. Die HF-Energie wird über eine Drehkupplung dem Empfänger zugeführt.

Der Empfänger hat als Eingang eine Diodenmischstufe, und die ZF von 30 MHz wird in einfacher Überlagerung gewonnen. Sie teilt sich in einen FM- und einen AM-Teil auf. Über den FM-Teil kann man die meteorologischen Werte für Druck, Temperatur und Feuchte entnehmen. Die über den AM-Teil gewonnene Niederfrequenzspannung hängt, wie schon erwähnt, von der Abweichung des Zieles von der elektrischen Achse der Antenne ab. Diese NF-Spannung wird getrennt für Höhe und Seite über je eine phasenabhängige Gleichrichterstufe gegeben. Durch ein Steuerorgan, das auf der Antriebsachse der Wendelantenne sitzt, werden diese Gleichrichterstufen nur für die halbe Zeit einer Umdrehung der Wendel (180°) geöffnet.

Die Öffnungszeiten der beiden Stufen sind gegeneinander um ein Viertel einer Umdrehung (90°) versetzt. Die so gewonnenen Gleichspannungen, jetzt also schon getrennt für Höhen- und Seitenwinkel, sind nach Betrag und Polarität abhängig von der Abweichung des Zieles und steuern über Stromtorverstärker den Höhen- bzw. Seitenmotor so, daß Ziel und elektrische Achse der Antenne übereinstimmen.

Über Drehmelder werden die Winkelwerte einem Schreibgerät (Bild 2 links) zugeführt. Die Schreibbreite von 250 mm entspricht einem Winkelwert von 60°, wodurch die Ablesegenauigkeit gewährleistet ist.

Bilder 1 und 2 zeigen die Gesamtanlage des Radiotheodoliten. Durch die Verwendung einer exzentrisch im Parabolspiegel rotierenden zirkularpolarisierten Antenne konnte hier auch für das 70-cm-Band ein Gerät geschaffen werden, das in seiner Meßgenauigkeit und durch seine einfache und betriebssichere Arbeitsweise den Anforderungen des praktischen Dienstes voll entspricht. Vergleichsmessungen mit optischen Peilungen ergaben sehr gute Übereinstimmung. Die einfache und betriebssichere Arbeitsweise und der geringe Gesamtaufwand für die Anlage machen das Gerät für nichtstationären Aufbau geeignet. Im Internationalen Geophysikalischen Jahr werden außer dem Versuchsmuster in Lindenberg zwei weitere Funktionsmuster im Radiosonden-Dienst des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der DDR zum Einsatz kommen.

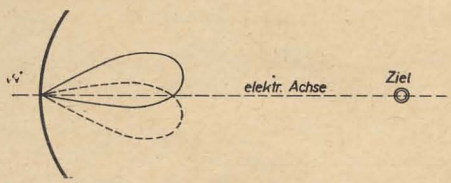


Bild 3: Ziel und elektrische Achse der Antenne in einer Richtung

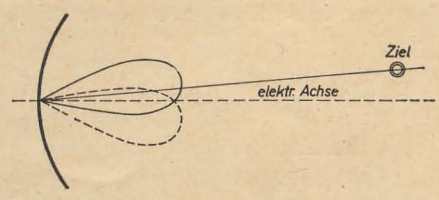


Bild 4: Abweichung des Zieles von der elektrischen Achse

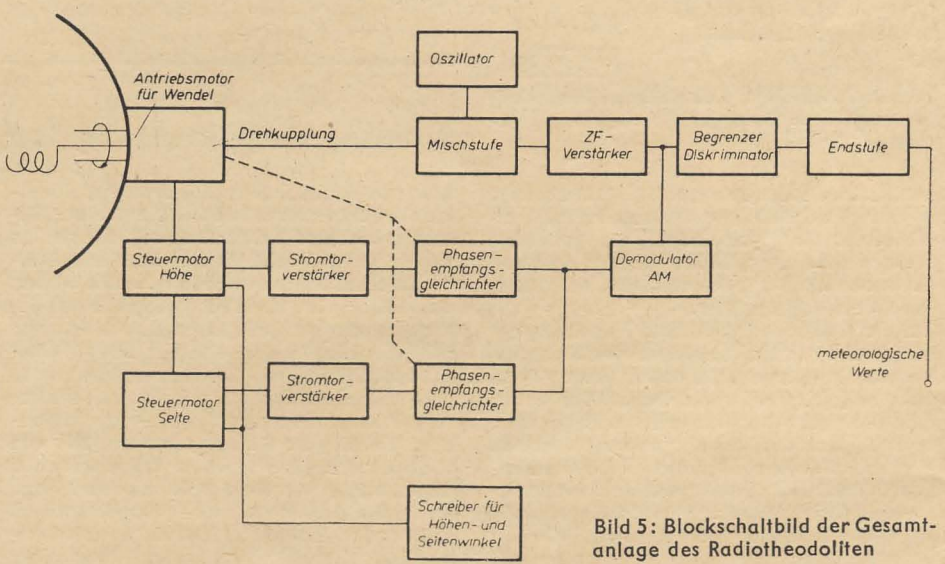
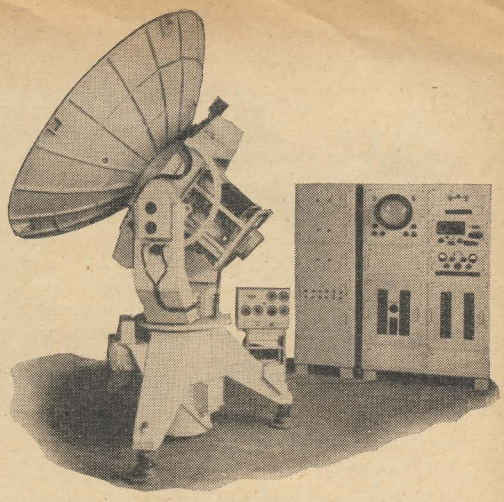


Bild 5: Blockschaltbild der Gesamtanlage des Radiotheodoliten

HANS-JOCHEN LINKE

HÖHENWINDRADAR



Um die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit bis hinauf in die oberen Schichten der Erdatmosphäre zu bestimmen, beginnen sich neben den allgemein üblichen optischen Methoden in jüngerer Zeit immer mehr elektrische Meßverfahren durchzusetzen.

Es soll nun eine Anlage[1]) beschrieben werden, die nach dem Radarprinzip arbeitet (Bild 1). Die Flugbahn eines freifliegenden Ballons wird gemessen und laufend registriert, indem die Koordinaten Entfernung, Seitenwinkel und Höhenwinkel bestimmt werden. Die Anlage besitzt für alle drei Koordinaten einen vollautomatischen Zielnachlauf.

Prinzip der Anlage

Von einem Magnetronsender werden über einen als Sende- und Empfangsantenne dienenden Parabolspiegel von 2 m Durchmesser in einem scharf gebündelten Richtstrahl von 1,2° Halbwertsbreite HF-Impulse von 0,5 μs Dauer, 1000 Hz Impulsfolgefrequenz und 3,2 cm Wellenlänge abgestrahlt. Mit diesem Richtstrahl wird der fliegende Ballon, der mit einem angehängten Reflektor (Tripelspiegel) zur Vergrößerung seiner Reflexionsfläche ausgerüstet ist, angemessen. Die von ihm reflektierten Echoimpulse nimmt der Parabolspiegel der Anlage wieder auf und führt sie dem Empfänger zu.

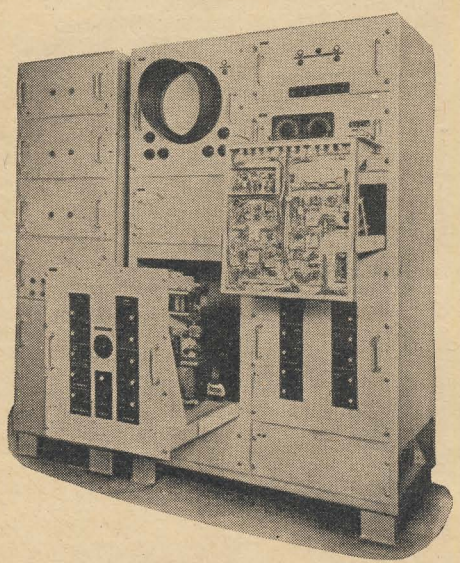


Bild 1: Höhenwindradaranlage vom VEB Wissenschaftlich-Technisches Büro für Gerätebau

Durch eine Kurzzeitmessung wird die Laufzeit der Impulse bestimmt und an einem Zählwerk direkt in km angezeigt. Eine elektronische Nachführautomatik gewährleistet, daß sich bei einer Veränderung der Entfernung das Zählwerk mit verstellt.

Voraussetzung für eine Messung der beiden anderen Koordinaten (Seitenwinkel und Höhenwinkel) ist, daß die optische Achse des Parabolspiegels genau auf das anzumessende Ziel gerichtet ist. Den eingestellten Winkel kann man dann an der Seiten- und Höhenachse des Spiegelgestells ablesen. Das Verstellen der Spiegelachsen erfolgt mittels Stellmotoren, die durch eine Handsteuerung bedient werden können, um den Antennenspiegel auf das Ziel einzuschwenken. Ist das Ziel aufgefaßt, wird die Steuerung der Stellmotoren auf „Automatik" umgeschaltet und damit die automatische Spiegelnachführung in Tätigkeit gesetzt.

Wie aus Bild 2 ersichtlich ist, verwendet man für die automatische Spiegelnachführung folgendes Prinzip: Der Doppelschlitzstrahler, der die Ausleuchtung des Antennenspiegels vornimmt, ist nicht wie gewöhnlich ruhend im Brennpunkt angeordnet, sondern er rotiert mit einer Drehzahl von 1500 U/min = 25 Hz in einem kleinen Kreis um ihn herum. Durch diese Maßnahme fällt das Intensitätsmaximum der Antennencharakteristik nicht mit der Richtung der verlängerten Spiegelachse zusammen, sondern rotiert ebenfalls auf einem gedachten Kegelmantel um diese herum. Befindet sich nun das Ziel auf der verlängerten Spiegelachse, so haben alle empfangenen Echoimpulse gleiche Amplituden. Falls es aber von dieser Achse abweicht, erfolgt auf Grund der rotierenden Richtcharakteristik eine Amplitudenmodulation der Echoimpulse mit 25 Hz (Bild 2a), da das Ziel sich einseitig dem umlaufenden Intensitätsmaximum nähert. Nach erfolgter Demodulation steht die Amplitudenmodulation hinter dem Empfänger als Fehlerspannung zur Verfügung. Diese stellt ihrem Betrag nach ein Maß für die Größe der Zielauswanderung dar und gibt auf Grund ihrer Phasenlage innerhalb eines Bezugssystems die Richtung an, in der das Ziel auszuwandern versucht; sie ist demnach ein Vektor. Die Aufgabe der Nachlaufsteuerung ist es nun, auf Grund dieses anfallenden Vektors den Antennenspiegel dem Ziel so nachzuführen, daß letzteres wieder auf der verlängerten Spiegelachse liegt, so daß der Fehlervektor (25-Hz-Fehlerspannung) nach Betrag und Phase zu Null kompensiert wird. Da die Phasenlage des Fehlerspannungsvektors sowohl die Seitenrichtung als auch die Höhenrichtung enthält, muß er in diese beiden Komponenten zerlegt und an ein Bezugssystem gebunden werden, dessen rechtwinklige Koordinaten in derselben Ebene liegen wie der Fehlerspannungsvektor. Die Ordinate ist der Vertikalbewegung (Höhe) und die Abszisse der Horizontalbewegung (Seite) zugeordnet (Bild 2b).

Das Bezugskoordinatensystem wird dadurch gebildet, daß synchron mit dem Doppelschlitzstrahler zwei Wechselspannungsgeneratoren angetrieben werden, die jeder für sich eine 25-Hz-Bezugsspannung abgeben und zueinander um 90° phasenverschoben sind. Die eine ist der Seitenbewegung und die andere der Höhenbewegung zugeordnet. Für die Nachführeinrichtung „Seite" wird nun die Fehlerspannung mit der Bezugsspannung „Seite" in einer Phasenvergleichsschaltung zusammengeführt. Mit dem in ihr gewonnenen Gleichstromsteuerwert wird jetzt ein Verstärker angesteuert, der seinerseits den Stellmotor „Seite" solange speist, bis die Seitenkomponente der 25-Hz-Fehlerspannung Null geworden ist und demzufolge auch die Phasenvergleichsschaltung keine Steuerspannung mehr liefert. Die Nachführeinrichtung „Höhe" arbeitet nach dem gleichen Prinzip, nur daß sie mit der Bezugsspannung „Höhe" gespeist wird.

Bei allen bisherigen Betrachtungen wurde vorausgesetzt, daß nur zwei Spiegelachsen vorhanden sind: Seite und Höhe. Um bei einem Überfliegen des Spiegels durch den Ballon (Zenithdurchgang) eine reibungslose Nachführung zu gewährleisten, wurde eine dritte Achse, die Querachse, eingeführt. Diese hat bei Zenithdurchgängen, d. h. dann, wenn übermäßig hohe Winkelgeschwindigkeiten der Seitenachse auftreten können, den Nachlauf vorzunehmen. Die ganze Achsanordnung gleicht einer kardanischen Aufhängung.

Gerätebeschreibung

An dieser Stelle soll eine kurze Funktionsbeschreibung der wichtigsten Bausteine erfolgen. Grundsätzlich gliedert sich die Anlage in folgende Baugruppen (Bild 3):

[1]) Dieser Artikel entspricht dem Inhalt nach einem Vortrag, den der Verfasser anläßlich der zweiten Funknavigationstagung der KdT in Rostock am 3. 5. 1957 gehalten hat.

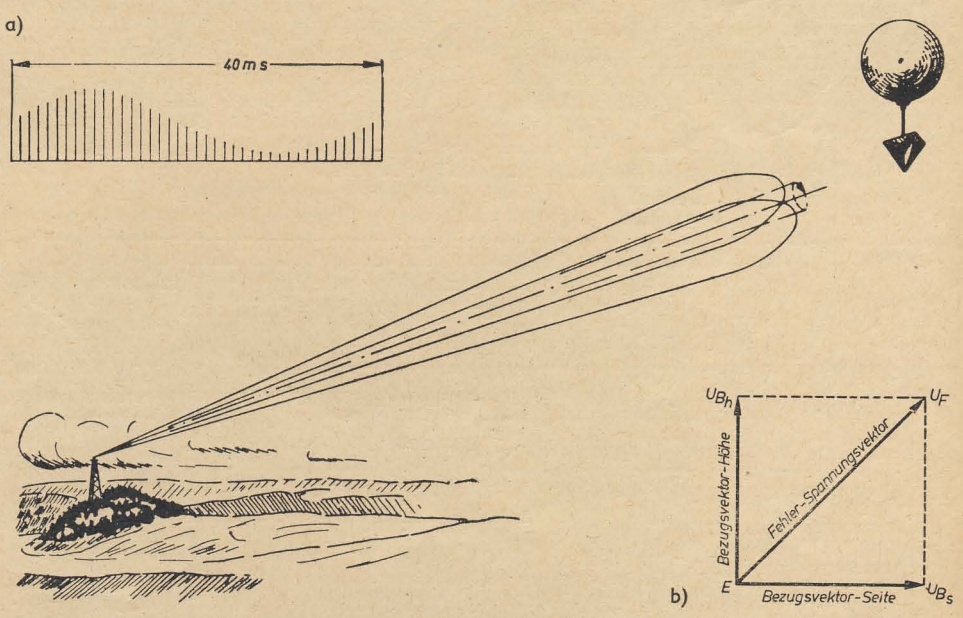
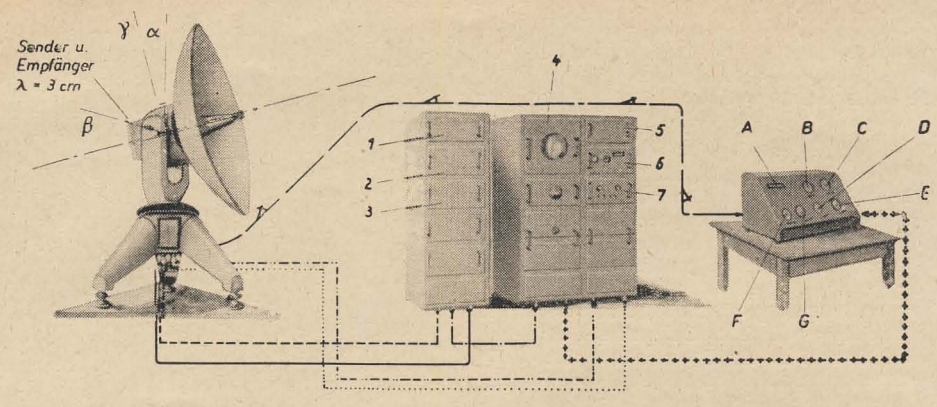


Bild 2: Prinzipdarstellung der automatischen Spiegelnachführung; a) Echoimpulse moduliert mit 25 Hz Fehlerspannung, b) Fehlerspannungsvektor



Stromführung

——— = 25 Hz Bezug 0° und 90°
– – – – = Stellmotoren α, β, γ
····· = Video
–·–·– = 25 Hz Fehlerspannung
–··–··– = Steuerimpuls
+++++ = Übertrag. Schrägentfernung
⊿—— = Übertrag. Winkelanzeige

Werte:

A = Es-Km
B = α grob
C = α fein
D = β grob
E = β fein
F = γ grob
G = γ fein

Geräteteil

1 = Nachlaufverstärker α
2 = Nachlaufverstärker β
3 = Nachlaufverstärker γ
4 = Sichtteil
5 = Taktgeber
6 = E-Meßteil
7 = Regelzentrale

Bild 3: Schematische Darstellung der Höhenwindradaranlage

1. Spiegelgestell kompl. mit angeflanschtem Sende-Empfangsteil.
2. Hauptgestell mit Taktgeber, E-Meßteil, Regelzentrale und Sichtgerät.
3. Verstärkergestell mit den Nachlaufverstärkern für „Seite", „Höhe" und „Quer".
4. Anzeigegerät.

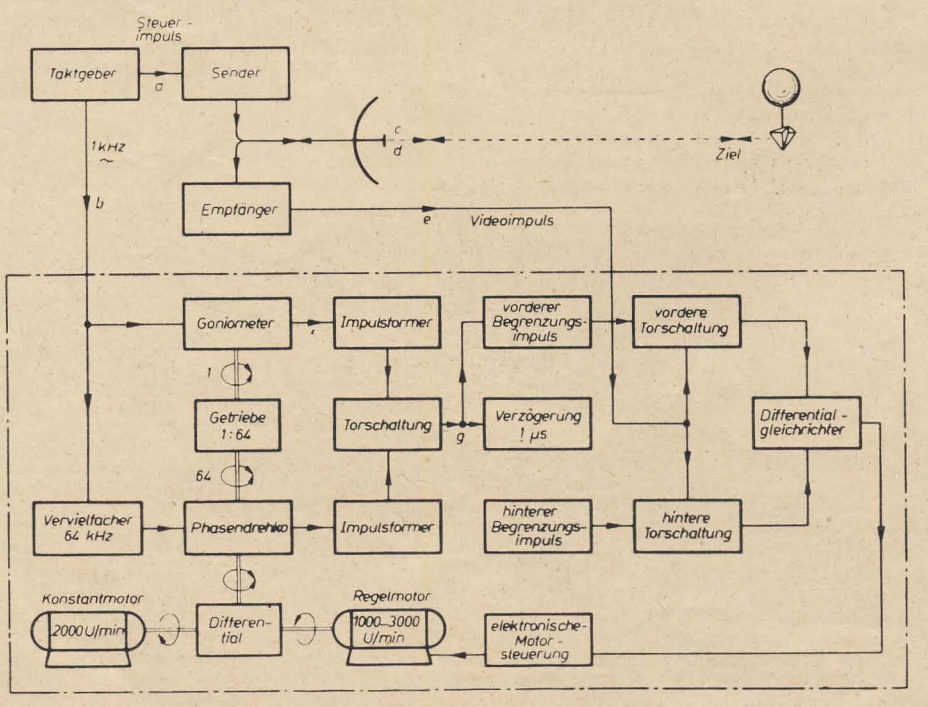
Spiegelgestell

Das Spiegelgestell wurde als geschweißte Stahlblechkonstruktion ausgeführt. Die Getriebekästen mit den Stellmotoren und Drehmeldegebern für die Fernübertragung der Winkelwerte zum Anzeigegerät sind an den Achsen direkt angeflanscht. Eine keramische Schleifringsäule mit 60 versilberten Bahnen für die notwendigen Kabelverbindungen gestattet der Seitenachse unbeschränkte Bewegungsfreiheit. Der 2-m-Antennenspiegel wurde aus einer Leichtmetallegierung gegossen und weicht von der theoretischen Parabelform weniger als ± 3 mm ab. Der Antrieb für den rotierenden Strahler und die beiden Bezugsspannungsgeneratoren sitzt unmittelbar hinter dem Spiegel. Daran schließt sich der Sende-Empfangsteil an. Der rotierende Strahler ist an den Sender über eine Hohlrohr-Drehkupplung angeschlossen. Der Sende-Empfangsteil selbst weist gegenüber dem einer normalen Radaranlage keine prinzipiellen Besonderheiten auf. Als Senderöhre dient das Impulsmagnetron 730 vom VEB Werk für Fernmeldewesen, mit dem eine Impulsleistung von 25 bis 30 kW erzielt wird. Der Steuerimpuls für das Hochtastgerät kommt vom Taktgeber im Hauptgestell. Da Sender und Empfänger an einer gemeinsamen Antenne arbeiten, muß während der Dauer des Sendeimpulses der Empfängereingang gesperrt werden, um ihn und insbesondere den empfindlichen Silizium-Mischdetektor vor Überlastung zu schützen. Die Sperrung erfolgt durch eine sog. Sende-Empfangsweiche (Duplexer), eine Anordnung von zwei Gasentladungsröhren (Sperröhren, Nulloden), die bei Abgabe des Sendeimpulses zünden. Eine Sperröhre schließt dabei den Empfängereingang kurz, während die andere einen in der Sendezuleitung liegenden Sperrkreis überbrückt und damit das Magnetron mit der Antenne verbindet. Im Empfangsfall sind beide Sperröhren gelöscht, der Empfängereingang ist wieder offen und das Magnetron über den Sperrkreis von der Antenne getrennt. Der Empfängereingang besteht aus einem Detektormischkopf in Hohlrohrtechnik. Als Empfangsoszillator wird ein Reflexklystron 723 A/B verwendet und die Oszillatorspannung in das Hohlrohr eingekoppelt. Der ZF-Verstärker hat eine Bandbreite von 5 MHz bei einer Mittenfrequenz von 60 MHz. Die Verstärkung beträgt 120 dB. Um eine hohe ZF-Eingangsempfindlichkeit zu erzielen, wurde die 1. ZF-Stufe mit der Doppeltriode E 88 CC in Kaskodeschaltung bestückt. Eine Besonderheit ist der automatische Schwundausgleich des ZF-Verstärkers. Damit eine einwandfreie Winkelnachführung erzielt wird, muß die mittlere Amplitude der Videosignale des Zielechos konstant sein. Um dieses zu erreichen, darf der Schwundausgleich nur auf die Echosignale des verfolgten Zieles ansprechen. Auch auf die Wahl der Zeitkonstanten wurde besonderer Wert gelegt. Einerseits sind im praktischen Betrieb Schwunderscheinungen bis etwa 5 Hz zu erwarten, die ausgeglichen werden müssen, während andererseits die u. U. vorhandene 25-Hz-Fehlermodulation nicht weggeregelt werden darf. Eine eingebaute automatische Scharfabstimmung hält den Empfänger immer auf die Sendefrequenz abgestimmt. Hinter dem Videogleichrichter und einem Videovorverstärker folgt eine Katodenstufe zur Anpassung an ein 60-Ω-Koaxialkabel für die Übertragung des Videosignals zum Hauptgestell.

Taktgeber

Als Herz der Anlage befindet sich im Hauptgestell der Taktgeber. In ihm werden, abgeleitet von einem thermostatgeregelten 10-kHz-Quarz, durch Teilung 2-kHz-Triggerimpulse erzeugt, die einen Multivibrator anstoßen, der seinerseits eine 1-kHz-Mäanderspannung abgibt. Aus dieser werden nun die Steuerimpulse mit einer 1-kHz-Impulsfolgefrequenz für die Sendertastung gewonnen und außerdem phasenstarr dazu über ein temperaturkompensiertes RC-Filter eine 1-kHz-Sinusspannung, die im Entfernungsmeßteil benötigt wird[1]). Der Entfernungsmeßteil mit Nachführautomatik (Bild 4) arbeitet nach folgendem Prinzip: Der vom Empfänger kommende Videoimpuls e ist auf Grund der Laufzeit c—d, Sender — Ziel — Empfänger, dem Steuerimpuls a bzw. dem

[1]) Dieses Prinzip wurde gewählt, um bei einer Erweiterung der Anlage, d. h. Einführung des MTI-Verfahrens, den Quarzgenerator und den 10-kHz/2-kHz-Teiler gegen eine Schaltung austauschen zu können, die aus einem über eine Ultraschallverzögerungsstrecke laufzeitgesteuerten 2-kHz-Impulsgenerator besteht.



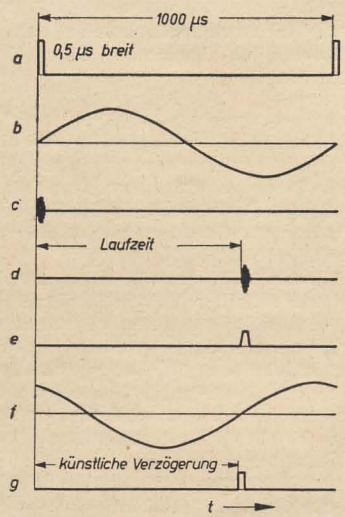


Bild 4: Blockschaltbild zur Entfernungsmessung mit Impulsplan

Nulldurchgang der 1-kHz-Sinusspannung b gegenüber entsprechend verzögert. Im Entfernungsmeßteil wird in einem zwischen 0° und 360° variablen Phasenschieber (Goniometer) die Phase der 1-kHz-Sinusspannung so weit verschoben, daß ihr Nulldurchgang (f) bzw. ein daraus durch Verstärkung, Begrenzung und Differentiation gebildeter Vergleichsimpuls g in einer Koinzidenzschaltung mit dem Videoimpuls e zur Deckung gebracht wird. Die durch die Phasenverschiebung erzielte Verzögerung entspricht dann der Laufzeit des Signals; sie ist somit ein Maß für die Entfernung. Eine Phasenverschiebung von 360° entspricht bei 1 kHz einer Impulsverzögerung von 1000 μs bzw. einer Meßentfernung von 150 km. Da die mechanische Winkelstellung der Goniometerachse gleich der damit erzielten elektrischen Phasenverschiebung ist, kann sie mechanisch abgenommen und als Entfernungswert einem Zählwerk (Kilometerzähler) zugeführt werden. Eine in der Koinzidenzschaltung durch Dekkungsfehler (bei Entfernungsänderung) hervorgerufene Steuergleichspannung speist einen mit der Goniometerachse gekuppelten Stellmotor und bewirkt dadurch die automatische Entfernungsnachführung. Da bei diesem Prinzip auf Grund von unvermeidlichen Phasenfehlern des Goniometers (etwa $\pm$ 1°) die benötigte Genauigkeit der Entfernungsmessung nicht erreicht werden kann, wird dieses Goniometer nur zur Grobmessung benutzt, während man für die Feinmessung ein weiteres Goniometer bzw. hier einen Phasenschieberdrehkondensator, der über ein ganzzahliges Übersetzungsgetriebe (1 : 64) mit dem Grobgoniometer gekuppelt ist, verwendet. Der Phasenschieberdrehkondensator wird mit einer 64-kHz-Wechselspannung gespeist, die aus der 1-kHz-Wechselspannung b phasenstarr abgeleitet wurde. Bei einem Drehwinkel des Grobgoniometers von 360° hat sich der Phasenschieberdrehkondensator um 64mal 360° gedreht und demzufolge eine Phasenverschiebung der 64-kHz-Spannung um 64mal 360° bewirkt. Aus dieser phasenverschobenen 64-kHz-Spannung werden wiederum Impulse gebildet. Jeder dieser Impulse verschiebt sich bei 64mal 360° Drehung des Phasenschieberdrehkondensators, entsprechend einer Drehung von 1mal 360° des Grobgoniometers, um 1000 μs, ebenso wie die 1-kHz-Impulse, nur mit 64facher Genauigkeit. Da auf ein Intervall von 1000 μs entsprechend einem Impuls der Grobmessung 64 Impulse der Feinmessung entfallen, wird in einer Torschaltung ein Impuls davon herausgeschnitten und als Vergleichsimpuls g verwendet. Der Torimpuls wird aus dem Impuls der Grobmessung gewonnen.

Da bei einem einfachen Impulsvergleich eine Auswanderung des Videoimpulses nach der einen und nach der anderen Richtung in der Koinzidenzschaltung eine Steuerspannung mit gleicher Polarität hervorrufen würde, aber für eine eindeutige Entfernungsnachführung eine Umkehrung der Polarität notwendig ist, wird folgende Anordnung benutzt (Bild 5):

Aus dem Vergleichsimpuls g werden zwei zeitlich um etwa 1 μs versetzte Begrenzungsimpulse gebildet, die den Videoimpuls „eingabeln". Wenn der Videoimpuls beide Begrenzungsimpulse gleichmäßig überdeckt, entsteht in einem der Koinzidenzschaltung nachgeschalteten Differentialgleichrichter die Steuerspannung 0, da die Impulsanteile des Videoimpulses, die durch den „vorderen" Begrenzungsimpuls in der „vorderen" Torschaltung und durch den „hinteren" Begrenzungsimpuls in der „hinteren" Torschaltung durchgelassen werden, gleich groß sind und sich demzufolge im Differentialgleichrichter aufheben. Sobald nun, hervorgerufen durch eine Entfernungsänderung, die durchgeschalteten Impulsanteile verschieden groß werden, resultiert daraus zwangsläufig eine positive oder negative Steuerspannung, je nachdem, ob die zu messende Entfernung größer oder kleiner wird.

Wie aus Bild 4 ersichtlich ist, erfolgt der Antrieb des Entfernungsmeßgetriebes über eine Anordnung, die aus einem Motor konstanter Drehzahl, einem elektronisch geregelten Motor und einem Differentialgetriebe besteht. Der Vorteil dieser Anordnung ist darin zu sehen, daß keine Motorumkehrsteuerung benötigt wird und auf Grund dessen die bekannte „tote Zone" um die Drehzahl 0 herum entfällt. Diesem Punkt mußte bei dieser Anlage Beachtung geschenkt werden, da mit derartig kleinen Relativgeschwindigkeiten des Ziels, die in die „tote Zone" fallen, gerechnet werden muß[1]). Das erwähnte Sichtgerät dient nur zum Auffassen des Ziels vor dem Start des Ballons und zur Überwachung der automatischen Zielverfolgung.

Verstärkergestell

Die im Verstärkergestell untergebrachten Nachlaufverstärker für „Seite," „Höhe" und „Quer" sind einander völlig gleich und haben folgende Aufgaben zu lösen:

1. Phasenvergleich zwischen der Eingangsspannung (25-Hz-Fehlerspannung) und einer Bezugsspannung.
2. Frequenzwandlung von 25 Hz über einen Gleichspannungssteuerwert auf 50-Hz-Betriebsfrequenz (Netz) zum Antrieb der Stellmotoren.
3. Verstärkung auf die zum Antrieb der Stellmotoren notwendige Leistung.

Als Stellmotoren wurden Ferrarismotoren verwendet, deren Erregerwicklung direkt am Netz liegt, während die Speisung der Steuerwicklung von der Leistungsendstufe des zugehörigen Nachlaufverstärkers erfolgt. Wenn sich die Phase der vom Verstärker kommenden Steuerwechselspannung in bezug auf die Phase der Erregerspannung umkehrt, ändert sich die Drehrichtung des Motors und durch Amplitudenänderung die Drehzahl. Die notwendige Regelsteilheit und die damit verbundene Frage der Dämpfung ist ein wichtiges Problem. Durch die Größe der zu beschleunigenden Massen sind erhebliche Trägheitsmomente zu überwinden. Es wurde daher eine beschleunigungsabhängige Dämpfung vorgesehen.

Anzeigegerät

Auf dem Anzeigegerät werden als Meßwerte die Entfernung und die drei Winkelwerte Seite (α), Höhe (β) und Quer (γ), aufgeteilt in eine Grob- und Feinskala, angezeigt. Es kann von der übrigen Anlage abgesetzt aufgestellt werden. Die Fernübertragung der einzelnen Meßwerte erfolgt über Drehmeldersysteme. Dieses Anzeigegerät ist nur als Übergangslösung zu betrachten; als endgültige Ausführung ist ein Schreiber mit einem vorgeschalteten Rechengerät vorgesehen. Im Rechengerät werden die anfallenden Meßwerte automatisch umgewandelt und als Windgeschwindigkeit und Windrichtung in Abhängigkeit von der Höhe auf dem Schreiber registriert.

Der enorme wissenschaftliche Wert solcher Orchesterexperimente steht außer Zweifel; es ist aber mein fester Glaube, daß das Internationale Geophysikalische Jahr als Ganzes ein wertvolles und großes Instrument für die Festigung des Friedens in der Welt sein kann und sein wird.

(Aus einem Vortrag des englischen Physikers Sir Edward Appleton auf der Tagung des Spezialkommitees für das IGJ in Brüssel)

Weitere Verwendungsmöglichkeiten der Anlage

Die kurze Wellenlänge von 3,2 cm gestattet es, die Anlage außer ihrem eigentlichen Verwendungszweck als Höhenwindradar auch für Wolkenstrukturuntersuchungen einzusetzen. Ein speziell dafür vorgesehener Sichtteil befindet sich zur Zeit in der Entwicklung. Konstruktiv ist ein Einschub im Hauptgestell dafür bestimmt. Die automatische Zielverfolgung wird für diesen Fall außer Betrieb gesetzt. Die Entfernungsmessung erfolgt auf der Sichtröhre mittels eingeblendeter Entfernungsmarken. Eine dauernde Fotoregistrierung ist möglich, ebenso eine Hand- bzw. Programmsteuerung gewünschter Spiegelbewegungen. Diese Notwendigkeit tritt z. B. bei Senkrechtschnittbildern von Wolkenfeldern und Panoramaaufnahmen von Wolkenfeldern auf. Für diese beiden zuletzt genannten Anwendungen ist der Einsatz des MTI-Verfahrens[2]) von außerordentlicher Bedeutung. Da man Regentropfen, Hagelkörner, Schneekristalle und dergleichen stets als bewegt ansehen kann, gelangen sie auf Grund dieses Verfahrens zur Anzeige, während feste Bodenziele ausgeblendet werden. Das gewählte Prinzip der Anlage sowie seine konstruktive Gestaltung läßt eine Erweiterung in dieser Richtung ohne Schwierigkeit zu.

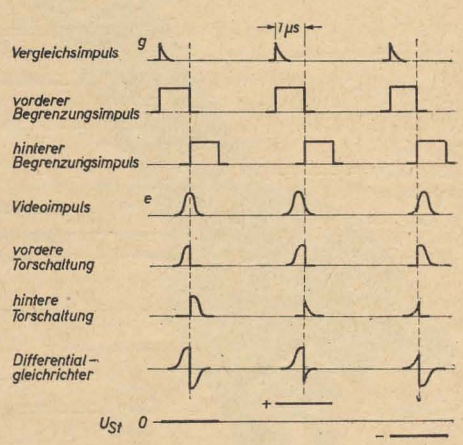


Bild 5: Impulsplan der Koinzidenzschaltung

Literatur

[1] I. F. Reintjes and G. T. Coate: Principles of Radar, Mc Graw-Hill Publishing Company LTD.

[2] Radiation Laboratory Series Bd. 1 bis 28, Mc Graw-Hill Book Company, Inc.

[3] Lepêtre: Einführung in die Radartechnik, VEB Verlag Technik, Berlin.

[4] H.-J. Fischer: Radartechnik, Fachbuchverlag Leipzig.

[1]) Für die Messung des Höhenwindes, d. h. Ermittlung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung in Abhängigkeit von der Höhe, ist die Kenntnis der genauen Entfernung weniger wichtig als die der momentanen Entfernungsänderung.

[2]) MTI = moving target indication, „Anzeige bewegter Ziele". Bei diesem Verfahren kann durch Ausnutzung des Dopplereffektes, der an bewegten Zielen auftritt, die Anzeige von ruhenden Bodenzielen unterdrückt werden.

H. VOLLAND

Die Erforschung der Hochatmosphäre mit Hilfe von Raketen

Einleitung

Die Erforschung der Hochatmosphäre hat durch den Einsatz von Raketen einen entscheidenden Aufschwung erfahren. Bis dahin war man auf indirekte Meßmethoden oder auf Ballonaufstiege angewiesen. Die Steigfähigkeit der Ballone hängt aber von der Luftdichte ab und findet ihre Grenze bei etwa 40 km Höhe. Die Entwicklung der Rückstoßrakete im zweiten Weltkrieg, die mit dem Bau der V 2 ihren Höhepunkt erreichte, machte es erstmals möglich, Meßgeräte in die Ionosphärenschichten über 100 km Höhe hinaufzutragen und damit zunächst eine Bestätigung unserer Vorstellungen vom Zustand der Ionosphäre zu erlangen, aber auch wesentlich neue Erkenntnisse zu erhalten, die mit indirekten Methoden nicht erreichbar sind.

In den letzten Jahren ist die Raketenentwicklung sehr vorangetrieben worden, so daß heute schon ernstzunehmende Pläne einer Weltraumfahrt vorhanden sind. Infolge des enormen materiellen und finanziellen Aufwandes können sich jedoch praktisch nur wirtschaftlich starke Länder an der Raketenentwicklung und damit an der Erforschung der Hochatmosphäre durch Raketen beteiligen.

Der Aufenthalt der Rakete in der Atmosphäre beschränkt sich auf wenige Minuten. Es ist aber wünschenswert, ein sich über längere Zeit erstreckendes Meßprogramm in der Ionosphäre durchführen zu können. Zu diesem Zwecke planen die UdSSR und die USA für das Internationale Geophysikalische Jahr den Bau von sogenannten Meßsatelliten, die, mit Instrumenten ausgerüstet, mehrere Tage lang auf einer elliptischen Bahn in etwa 500 km Höhe um die Erde kreisen sollen.

Der Inhalt des folgenden Beitrages basiert auf amerikanischen Veröffentlichungen, die bisher als einzige der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden sind.

Die Technik der Raketenaufstiege

Die am eingehendsten beschriebene deutsche Höhenrakete A 4, die auch unter dem Namen V 2 bekannt ist, hat eine Länge von 14 m und einen größten Durchmesser von 1,65 m (Bild 1). Das Gewicht ohne Treibstoff beträgt 2950 kg. Davon entfallen 1000 kg auf die mitgeführte Nutzlast, die im Kopf der Rakete untergebracht ist (Bild 1). Zwei Treibstofftanks enthalten Äthylalkohol und flüssigen Sauerstoff mit einem Gesamtgewicht von 8750 kg. Der Treibstoff wird mit Hilfe turbinenbetriebener Pumpen in die Brennkammern gepumpt. Dort wird das Gemisch verbrannt. Dabei wird bei einer Brenndauer von 70 Sekunden ein Schub von 28000 kg entwickelt, der die Rakete bei Brennschluß auf eine Geschwindigkeit von 5600 km/h bringt. In diesem Augenblick hat die Rakete etwa 25 km Höhe erreicht. Die Beschleunigung, die die Rakete jetzt besitzt, reicht aus, sie in etwa 165 km Höhe zu tragen (Bild 2). Die größte mit A-4-Raketen erreichte Höhe war 214 km.

Ein Weg zur Erzielung größerer Höhen ist das Stufenprinzip. Auf den Kopf einer großen Transportrakete wird eine kleinere Rakete aufgesetzt. Der Raketenmotor der kleinen Rakete tritt erst in Tätigkeit, wenn die Transportrakete nach Verbrauch ihres Treibstoffvorrates ihre größte Geschwindigkeit erreicht hat. Mit solchen zweistufigen Raketen, einer A-4-Rakete in Verbindung mit dem amerikanischen Corporal-Typ, sind Höhen von über 400 km erzielt worden.

Für Untersuchungen der Schichten unter 100 km eignet sich ein Verfahren, das unter dem Namen „Rockoon" bekannt ist. Kleine Raketen mit geringer Nutzlast und kurzer Brenndauer werden mit Stratosphärenballons auf eine Höhe von 10 bis 20 km geschleppt (Bild 3). Dort wird der Raketenantrieb eingeschaltet. Die Raketen, die beim Abschuß vom Boden aus nur eine Höhe von 30 km erreichen würden, gelangen so in 100 km Höhe. Die Kosten solch eines Aufstieges betragen weniger als 1% der Kosten eines Großraketenaufstieges.

Im Kopf der Rakete sind die Meßinstrumente eingebaut. Die Meßwerte werden während des Fluges durch Fernübertragung von der Rakete zur Bodenstelle übermittelt. Außerdem wird der Meßkopf beim Fall der Rakete abgesprengt und mit Fallschirmen sicher zur Erde getragen. Auf diese Weise werden zwar nicht immer die Meßinstrumente, aber die Registrierstreifen gerettet.

Ein einfaches Bordgerät zur Übertragung von sechs Meßwerten arbeitet nach folgendem Prinzip: Die Meßdaten der Instrumente, die in Form pulsierender Gleichspannung oder in Form von Spannungsimpulsen zur Verfügung stehen, beeinflussen die Frequenz je eines Tonfrequenzgenerators.

Dieses frequenzmodulierte Tonfrequenzgemisch wird einem Träger von 85 MHz aufmoduliert und abgestrahlt. An der Bodenstelle erfolgt dann eine Trennung des Tonfrequenzgemisches durch Bandpässe und eine anschließende Demodulation der frequenzmodulierten Meßspannung in einem Diskriminator.

Da der Bordsender aus Gründen der Gewichtsersparnis nur eine geringe Leistung besitzt (< 100 W), wird am Boden mit Richtempfangsantennen gearbeitet, die in die Richtung der Raketenflugbahn nachgeführt werden müssen.

Bei der Fernübertragung der Meßwerte ist eine zeitliche Synchronisation unerläßlich, um stets eine genaue Zuordnung der empfangenen Meßdaten mit dem jeweiligen Ort der Rakete zu haben. Man erreicht dies mit elektronischen Zeitmarkengebern. Außerdem können bestimmte Zeitmomente — etwa der Beginn einer Filmaufnahme — fernübertragen werden und aus der später entwickelten Aufnahme auf die zu diesem Zeitpunkt innegehabte Lage der Rakete geschlossen werden (s. Bild 4).

Die Bestimmung der Höhe der Rakete erfolgt einmal mit dem eben beschriebenen Verfahren der laufenden Aufnahmen von Bord der Rakete aus. Außerdem wird die Rakete optisch mit Filmkameras von der Erde aus geortet.

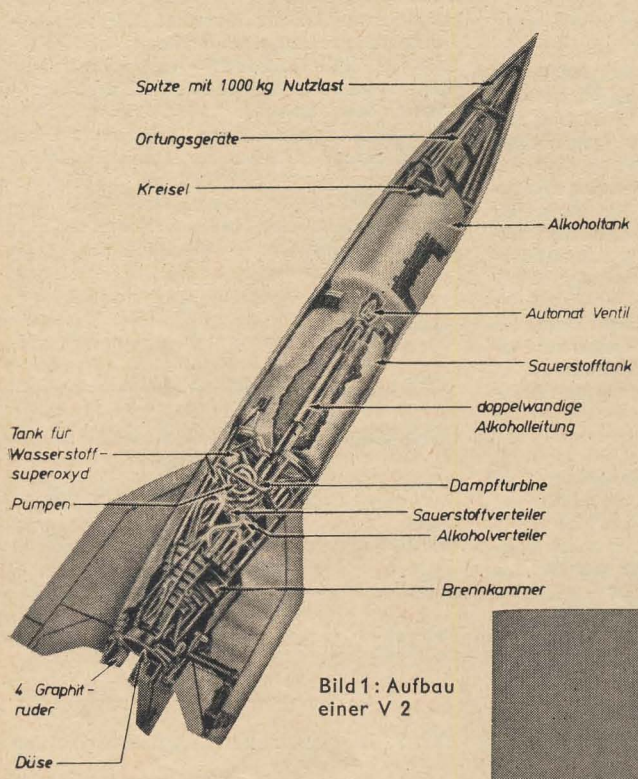


Bild 1: Aufbau einer V 2

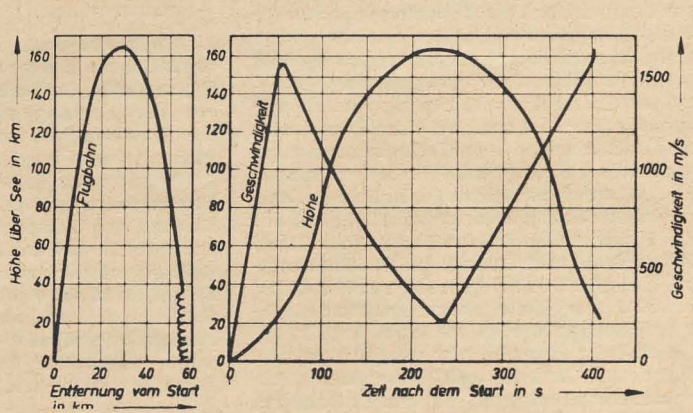


Bild 2: Flugbahn, Höhe und Geschwindigkeit einer V 2

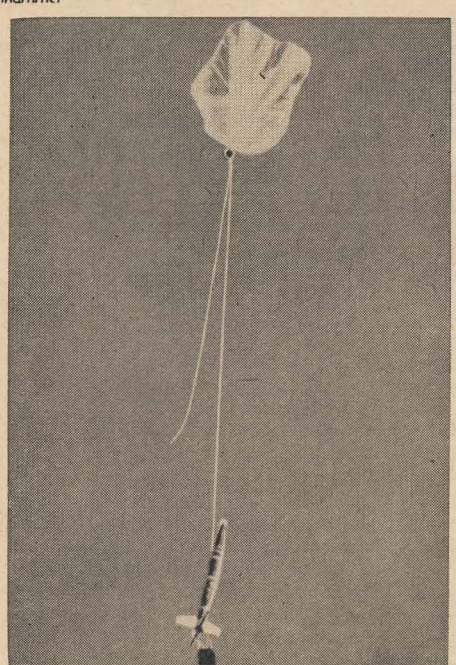


Bild 3: Rockoon-Aufstieg (Naval Research Laboratory, USA)

Bild 4: Aufnahme der Erdoberfläche aus 162 km Höhe über White Sands, New Mexico, USA, am 7. März 1947. Im Hintergrund der Golf von Kalifornien (Official Naval Photograph, USA)

Zur Ermittlung von Geschwindigkeit und Beschleunigung verwendet man ein Verfahren, das den Dopplereffekt benutzt. Von einer Bodenstelle aus wird ein Hochfrequenzsignal genügend kleiner Wellenlänge (etwa 40 MHz) abgestrahlt, das durch die Ionosphärenschichten nicht mehr beeinflußt wird. Das von der Rakete empfangene, verstärkte und frequenzverdoppelte Signal wird wieder zur Bodenstelle zurückgestrahlt. Falls sich die Rakete von der Bodenstelle wegbewegt, ist die von ihr abgestrahlte Frequenz nach dem Dopplerprinzip

$$f_R = 2\,f_B\left(1 - \frac{2\,v}{c}\right),$$

also kleiner als die doppelte Ausgangsfrequenz $2\,f_B$.
(v ist die Geschwindigkeitskomponente der Rakete in Richtung zur Bodenstelle; c = 300000 km/s ist die Lichtgeschwindigkeit.)
Im Empfänger der Bodenstelle wird nun diese Frequenz mit der verdoppelten Frequenz des Bodensignals gemischt. Die daraus resultierende Differenzfrequenz

$$\Delta f = 2\,f_B - f_R = 4\,f_B \cdot \frac{v}{c}$$

ist der Radialgeschwindigkeit der Rakete proportional. Die Radialbeschleunigung gewinnt man daraus durch ein einfaches Differenzierungsverfahren.
Werden drei oder mehrere Bodenempfangsstellen aufgestellt, die ihre Bezugsfrequenz f_B von einer Hauptstation empfangen, dann gelingt eine vollständige Geschwindigkeitsbestimmung der Rakete mit Genauigkeiten unter 1 m/s.

Instrumentenausrüstung der Raketen und Meßergebnisse

Im Kopf der Rakete sind die Meßinstrumente untergebracht (Bild 5). Infolge der enormen Beschleunigung der Rakete und der unterschiedlichsten atmosphärischen Verhältnisse in den verschiedenen Höhen sind die Instrumente außerordentlichen Beanspruchungen ausgesetzt und müssen daher sehr robust sein. Sie sind luftdicht abgeschlossen und arbeiten bei normalem Atmosphärendruck.

Messung des ultravioletten Sonnenspektrums

Hierzu verwendet man Beugungsgitterspektrografen, die in der Spitze der Rakete eingebaut werden. Es ist schwierig, dem Öffnungsschlitz des Spektrografen trotz der dauernden Richtungsänderung der Rakete und ihrer Roll- und Schlingerbewegung genügend Sonnenlicht zuzuführen. Eine Anordnung verwendet, um diese Schwierigkeiten zu umgehen, zwei durchsichtige Perlen aus Lithiumfluorid, von denen mindestens eine in fast allen Stellungen der Rakete ein Punktbild der Sonne liefert. Das Punktbild wird dann über einen Planspiegel auf das Beugungsgitter geworfen.
Das wesentliche Ergebnis der Raketenaufstiege ist die bereits vermutete Tatsache, daß in den hohen Atmosphärenschichten fast die gesamte Sonnenstrahlung unterhalb 3000 Å absorbiert wird (1 Å = 10^{-8} cm; die Wellenlängen des sichtbaren Lichtes liegen bei 4000 bis 8000 Å). Die absorbierte Energie im Wellenlängenbereich zwischen 2000 und 3000 Å ist für die Erzeugung der Ozonschicht verantwortlich. Die Ozonschicht liegt zwischen 20 und 40 km Höhe. Oberhalb dieser Höhe macht sich eine starke Intensitätszunahme des Sonnenspektrums unter 3000 Å bemerkbar (Bild 6).
Kürzere Wellenlängen werden in den Ionosphärenschichten absorbiert. Eine Untersuchung der Linienspektren in diesem Wellenlängenbereich hat zu wertvollen Hinweisen auf die Entstehungsmechanismen der einzelnen Ionosphärenschichten geführt. Endlich kann an Hand von Spektralaufnahmen, die oberhalb der jeweiligen Absorptionsschicht der Atmosphäre gemacht werden, auf die Intensitätsverteilung der Sonnenstrahlung geschlossen werden.

Luftdruck-, Temperatur- und Dichtemessung

Da der Luftdruck zwischen Erdboden und 200 km Höhe von 760 mm auf 10^{-7} mm Quecksilbersäule reduziert wird, müssen für die verschiedenen Druckbereiche verschiedenartige Barometer verwendet werden. Im Bereich zwischen 760 mm und 10 mm Quecksilbersäule sind die üblichen Dosenbarometer brauchbar. Ein winziges Potentiometer ist mit der Dose verbunden und dreht sich bei deren Ausdehnung. Auf diese Weise wird der Druck in elektrische Spannung umgesetzt.

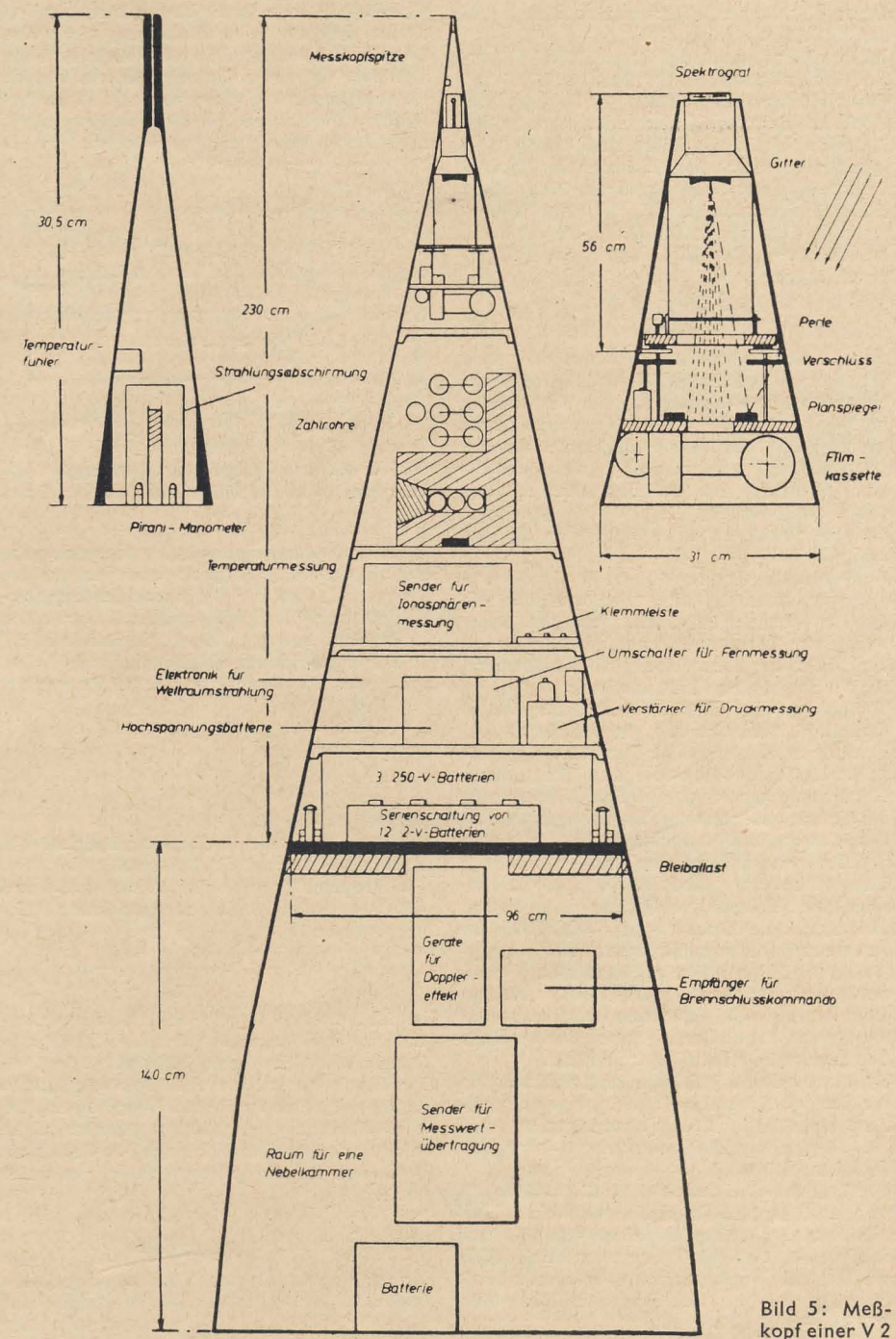


Bild 5: Meßkopf einer V 2

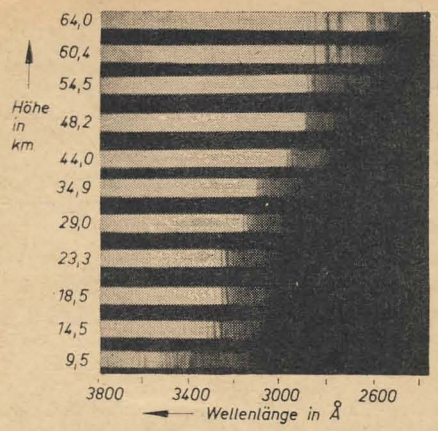


Bild 6: Aufnahmen von Spektren im äußersten Ultraviolett in verschiedenen Höhen (Naval Research Laboratory, USA)

Im Bereich von 10 mm bis 0,1 mm verwendet man Pirani-Manometer. Ein Pirani-Manometer besteht aus einem elektrisch aufgeheizten Draht, dessen elektrischer Widerstand vom umgebenden Luftdruck abhängt.

Im Bereich unter 0,1 mm Quecksilbersäule werden Ionisationsmanometer benutzt. Das sind Gasentladungsröhren, deren Entladungsraum direkt mit der umgebenden Luft verbunden ist. Befinden sich in der Röhre noch Gasreste, so werden diese durch die Elektronen des Anodenstromes I_a ionisiert. Bei negativem Gitter bildet sich ein Ionenstrom, der als „verkehrter" Gitterstrom I_g über das Gitter der Katode abfließt. Der Gasdruck in der Röhre und damit der Luftdruck ist dann

$$p = \frac{k \cdot I_g}{d \cdot I_a},$$

wobei k eine Proportionalitätskonstante und d der Abstand zwischen Gitter und Katode sind. Um sehr kleine Drucke messen zu können, muß I_a und damit die Anodenspannung sehr hoch gewählt (bis 3000 V) und der Abstand d groß gemacht werden. Das letztere erreicht man dadurch, daß zwischen Katode und Gitter ein geeignetes Magnetfeld gelegt wird, das die Elektronen auf spiralförmige Bahnen zwingt.

In großen Höhen (über 60 km) ist eine direkte Temperaturmessung nicht mehr möglich, da dort die Wärmeleitfähigkeit zu gering ist. Daher würde ein Thermometer nur die Strahlungstemperatur der Sonne, aber nicht die Temperatur der umgebenden Luft anzeigen.

Temperatur und auch die Luftdichte werden deshalb auf indirektem Wege aus Luftdruckmessungen erschlossen. Zu dem Zwecke werden an der Spitze der Rakete und seitlich mehrere Manometer angebracht. Auf diese Weise werden Staudruck und normaler Druck gemessen, die durch theoretische Beziehungen mit Luftdichte und Temperatur verbunden sind.

Eine erfolgversprechende Methode ist die Messung der Sinkgeschwindigkeit eines kleinen Ballons, der bei Erreichung der Gipfelhöhe der Rakete aufgeblasen und aus der Rakete ausgestoßen wird. Der Ballon trägt eine kleine Sende- und Empfangsanlage, mit deren Hilfe nach dem Dopplerprinzip die Sinkgeschwindigkeit gemessen werden kann. Daraus lassen sich ebenfalls Temperatur und Luftdichte ermitteln.

Die aus mehreren Aufstiegen ermittelten Daten für Temperatur und Luftdichte zeigen die Bilder 7 und 8. Die Luftdichte verringert sich von $1{,}1 \cdot 10^3$ g/m³ am Erdboden auf $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ g/m³ in 160 km Höhe.

Die Temperatur nimmt erst bis 15 km Höhe ab, wächst wieder bis 50 km und erreicht ein zweites Minimum bei 80 km Höhe mit 210° K. Anschließend steigt die Temperatur beträchtlich an. Es muß allerdings hinzugefügt werden, daß diese Daten — vor allen Dingen in Höhen über 100 km — bis auf 50° ungenau sein können.

Messung der Elektronenkonzentration

Die Phasengeschwindigkeit einer Radiowelle c_p ist in der Ionosphäre nicht gleich der Lichtgeschwindigkeit, sondern hängt von der Frequenz der Radiowelle f und von der Elektronenkonzentration N in der Ionosphäre nach dem Gesetz

$$c_p = \frac{c}{n} \quad \text{mit} \quad n = \sqrt{1 - \frac{N \cdot e^2}{\varepsilon_0 m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2}}$$

ab.

(n nennt man den Brechungsindex. e ist die Ladung des Elektrons und m seine Masse.)]

Der Brechungsindex wird in der Nähe der Grenzfrequenz kleiner als eins; die Phasengeschwindigkeit ist also größer als die Lichtgeschwindigkeit. Das steht übrigens nicht im Widerspruch zu der Tatsache, daß sich kein Gegenstand schneller als das Licht ausbreiten kann. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für die Signalübertragung bei Radiowellen ist die Gruppengeschwindigkeit, die dem Gesetz

$$c_g = n \cdot c$$

folgt, also kleiner als die Lichtgeschwindigkeit ist.

Eine Meßmethode der Elektronenkonzentration macht sich nun diese Beziehung sowie den Dopplereffekt zunutze. In der Rakete befinden sich zwei von einem Quarz gesteuerte Sender, die zwei harmonische Frequenzen (z. B. im Verhältnis 1 : 6) ausstrahlen. Die eine Frequenz f_1 liegt etwas über der Grenzfrequenz der E-

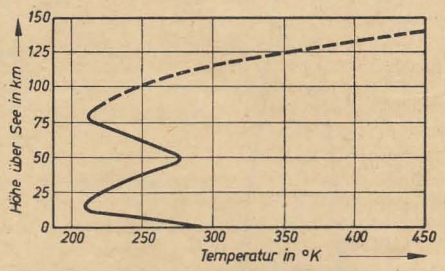


Bild 7: Mittlere Temperaturverteilung in Abhängigkeit von der Höhe (nach H. E. LaGow)

Schicht, wo der Brechungsindex wesentlich kleiner als eins ist. Die zweite sechsmal größere Frequenz f_2 wird von der Ionosphäre kaum beeinflußt, und ihr Brechungsindex ist praktisch gleich eins. Bewegt sich nun die Rakete in die Höhe, so werden am Empfangsort am Boden infolge des Dopplereffektes die zwei Frequenzen

$$f_1' = f_1\left(1 - n_1 \frac{v}{c}\right)$$

$$f_2' = 6 f_1\left(1 - n_2 \frac{v}{c}\right)$$

gemessen (v ist die Radialgeschwindigkeit der Rakete in bezug auf die Bodenstation).

Die Frequenz f_1' wird nun versechsfacht und mit f_2' gemischt. Die daraus resultierende Differenzfrequenz

$$\Delta f = 6 f_1' - f_2' = \frac{6 f_1 v}{c}(n_2 - n_1)$$

ist dann ein Maß für die Elektronenkonzentration in der Höhe, in der sich die Rakete zum Zeitpunkt des Empfanges befindet.

Das Ergebnis solch eines Aufstieges zeigt Bild 9. Auffallend ist, daß zwischen E- und F_1-Schicht kein Rückgang der Elektronenkonzentration erfolgt, wie man dies bisher aus den Messungen nach dem Impuls-Lotungsverfahren vermutet hatte.

Messung des Erdmagnetfeldes

Hierzu verwendet man Förstersonden [siehe in Nr. 12 (1957) S. 383 „Das Magnetfeld der Erde"]. Drei Spulen sind senkrecht zueinander angeordnet. Die verstärkte Sekundärspannung jeder Spule wird quadriert, und die drei quadrierten Spannungen werden addiert. Das Endsignal ist dann dem Quadrat der Feldstärke des Erdmagnetfeldes proportional. Mit dieser Anordnung ist es jedoch nicht möglich, die Richtung des Erdmagnetfeldes zu bestimmen. Bild 10 zeigt das Ergebnis eines Aufstieges am magnetischen Äquator. Bis 93 km Höhe nimmt das Erdmagnetfeld ungefähr nach dem Gesetz

$$F \approx \frac{N}{(r + R)^3}$$

(R = Radius der Erde; r = Höhe über dem Erdboden) ab. Das entspricht der Tatsache, daß

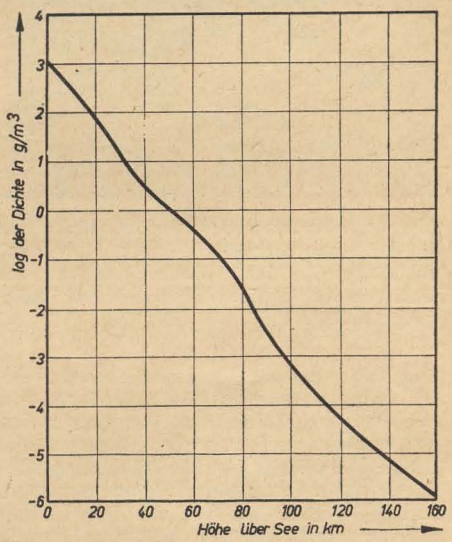


Bild 8: Luftdichteverteilung in Abhängigkeit von der Höhe über White Sands, New Mexico, USA, und über dem Äquator in der Nähe der Weihnachtsinsel, ermittelt aus sechs Aufstiegen (nach H. E. LaGow)

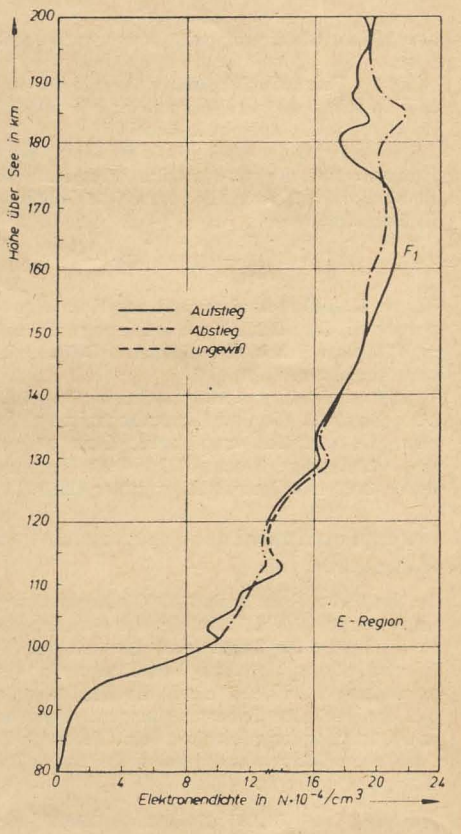


Bild 9: Elektronenkonzentration in Abhängigkeit von der Höhe am 7. Mai 1954, 10.00 Uhr über White Sands, USA (nach J. C. Seddon)

sich der Innenanteil des Erdmagnetfeldes annähernd wie ein Dipolfeld verhält. Zwischen 93 und 105 km Höhe bemerkt man einen plötzlichen Rückgang der Feldstärke um 400 γ (1 $\gamma = 10^{-5}$ Oersted). Das deutet auf einen elektrischen Strom großer horizontaler Ausdehnung in dieser Höhe hin, der ein homogenes Magnetfeld von 200 γ erzeugt. Nach Durchstoßung dieser Schicht muß das Magnetfeld des Stromes eine entgegengesetzte Richtung, aber die gleiche Stärke zeigen. Die Differenz von 400 γ ist der gemessene Abfall des Erdmagnetfeldes. Ein Strom dieser gemessenen Stärke und Richtung war aber durch die Registrierungen der erdmagnetischen Variationen am Erdboden vorausgesagt worden.

Messung der kosmischen Strahlung und andere Untersuchungen

Zur Registrierung der kosmischen Strahlung verwendet man Geiger-Zählrohre oder Wilsonkammern. Die Ausbeute von Aufstiegen ist aber nicht sehr groß, da die Aufenthaltsdauer der Raketen in der Atmosphäre zu klein ist. Das wesentliche Ergebnis ist die Feststellung, daß für die kosmische Strahlung die Atmosphäre erst bei etwa 50 km Höhe beginnt. Oberhalb von 50 km ist praktisch keine Wechselwirkung zwischen kosmischen Partikeln und den Luftmolekülen vorhanden.

Zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit werden Explosivgeschosse mit großer Rauchentwicklung in einer bestimmten Höhe von der Rakete abgeschossen. Die Beobachtung solcher wandernden Rauchwolken zeigte, daß in Höhen zwischen 80 und 300 km Windgeschwindigkeiten bis zu 100 m/s erreicht werden können.

Die Untersuchung der Luftzusammensetzung erfolgt mit Massenspektrometern oder dadurch, daß Luftproben aus den verschiedenen Höhen, in Stahlflaschen aufbewahrt, nach der Rückkehr der Rakete zum Erdboden untersucht werden. Es hat den Anschein, daß die Luftzusammensetzung bis zu 160 km Höhe die gleiche wie am Erdboden ist.

Das Mitführen von Tieren (Affen und Mäuse) in Raketen dient dazu, die Wirkung der enormen Beschleunigungen und der bedeutend intensiveren ultravioletten und kosmischen Strahlung in großen Höhen auf ein Lebewesen zu untersuchen, um auf diese Weise Schlüsse auf das Verhalten des Menschen im Weltraum ziehen zu können.

Das Satellitenprogramm im IGJ

Die normalen Raketenaufstiege haben den wesentlichen Nachteil, daß die Aufenthaltsdauer der Raketen in der hohen Atmosphäre nur wenige Minuten beträgt. Eine bedeutend größere Ausbeute an Meßergebnissen verspricht das Satellitenprogramm, das während des IGJ von den USA und der UdSSR geplant ist. Ein Meßkörper soll mit Hilfe von Raketen auf eine annähernd kreisförmige Bahn um die Erde gebracht werden, wo er sich für einige Zeit gleich dem Monde als künstlicher Satellit um die Erde bewegt[1]).

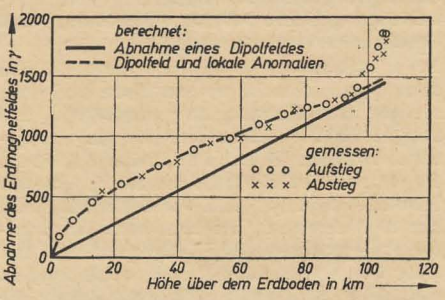


Bild 10: Abnahme der erdmagnetischen Feldstärke mit der Höhe am erdmagnetischen Äquator in Peru am 22. März 1949, 11.20 Uhr (nach S. F. Singer)

Die Ausrüstung der Satelliten dürfte eine ähnliche sein wie die der Raketen. Ein Fernübertragungssystem wird die Meßwerte an eine Bodenstelle geben. Zur Ortung des Satelliten ist ein weltweites optisches Beobachtungsnetz vorgesehen. Außerdem wird eine aktive Radar-Rückstrahlortung durch ein eingebautes Radargerät erfolgen.

Das Forschungsprogramm der Satelliten umfaßt zunächst die Aufgaben der normalen Raketenaufstiege: Registrierung der kosmischen Strahlung, des Erdmagnetfeldes, der Luftdichte, Temperatur, Luftdruck, Elektronenkonzentration und ultravioletten Strahlung der Sonne.

Eine weitere Aufgabe besteht darin, aus den Bahnstörungen des Satelliten die Massenverteilung innerhalb der Erdkruste und die Abplattung der Erde zu ermitteln. Auch geodätische Ortsbestimmungen hofft man durch gleichzeitige Beobachtung des Satelliten von verschiedenen Stellen der Erde aus machen zu können.

Schlußbemerkungen

Wir haben gesehen, daß die Raketentechnik, die sich im letzten Jahrzehnt stürmisch entwickelt hat, uns wesentlich neue Auskünfte über den Zustand der hohen Atmosphäre gegeben hat, indem sie es das erste Mal möglich machte, Meßgeräte in diese Höhen emporzutragen. Der Einsatz von Meßsatelliten verspricht darüber hinaus eine zusätzliche Erweiterung unserer Kenntnisse der Hochatmosphäre und ist außerdem ein entscheidender Vorbereitungsschritt für eine zukünftige Weltraumfahrt.

Zur Realisierung einer Weltraumfahrt sind jedoch noch sehr beträchtliche Schwierigkeiten zu überwinden, um Fragen der Vervollkommnung der Raketenantriebe, der Navigation, der Steuerung und des Nachrichtenverkehrs zu lösen. Der außerordentliche Aufwand, den allein die Durchführung des Satellitenprogramms erfordert, gibt eine ungefähre Vorstellung davon.

Literatur

E. Burgess: „Raketen in der Ionosphärenforschung", Deutsche Radarverlagsgesellschaft mbH, Garmisch-Partenkirchen, 1956.

R. L. F. Boyd und M. J. Seaton: „Rocket Exploration of the Upper Atmosphere", Pergamon-Press LTD, London, 1954.

[1]) Näheres im folgenden Beitrag von D. Wattenberg „Raketen- und Satellitenprogramme im IGJ"

DIEDRICH WATTENBERG

Raketen- und Satellitenprogramme im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58

Zur Erforschung der Hochatmosphäre der Erde und der an ihrer Grenze bestehenden Wechselbeziehungen zwischen Strahlungen aus dem Weltall und den Elementen des irdischen Luftmantels einerseits sowie zur Lösung einer Reihe von geophysikalischen Problemen andererseits ist im Geophysikalischen Jahr der Großeinsatz von Raketen und die Verwendung verschiedener künstlicher Kleinsatelliten vorgesehen. Über das Ausmaß dieser Vorhaben wurden auf der Tagung des Sonderausschusses für das Forschungsjahr in Barcelona (1956) nähere Einzelheiten bekanntgegeben, nach denen in Frankreich, Großbritannien, der Sowjetunion und den USA Raketenmessungen mit Raketen verschiedener Typen durchgeführt werden sollen, während die Sowjetunion und die USA den Einsatz künstlicher Satelliten planen.

Bereits im Oktober 1954 hatte das Sonderkomitee für das Internationale Geophysikalische Jahr den teilnehmenden Ländern empfohlen, hinsichtlich der bestehenden technischen Möglichkeiten zum Einsatz künstlicher Satelliten Überlegungen anzustellen, die binnen kurzer Zeit dazu führten, daß die USA Ende Juli 1955 in Washington und Brüssel gleichzeitig ihren Entschluß bekundeten, Satelliten aufzulassen, während die Sowjetunion wenige Tage später ein gleiches Vorhaben in Moskau und Kopenhagen bekanntgab. Nähere Einzelheiten konnten dann in Barcelona mitgeteilt werden, worüber hier berichtet werden soll.

Das Raketenprogramm sieht den Einsatz von insgesamt 600 Raketen vor, wobei das Schwergewicht bei den amerikanischen Versuchen liegen wird. In der Nachkriegszeit hat sich die Höhenrakete ja zu einem Forschungsmittel der Wissenschaft entwickelt, das ungeahnte Ausblicke und Möglichkeiten eröffnete, wenngleich damit auch die Einschränkung verbunden blieb, daß den Raketen infolge ihres kurzen Aufenthalts in der Atmosphäre nur sehr begrenzte Teilgebiete davon zugänglich werden. Insgesamt sind in den USA von 1947 bis 1955 rund 200 Forschungsraketen abgefeuert worden, so daß in dieser Hinsicht viele Erfahrungen gesammelt werden konnten. Es braucht indessen nicht sonderlich betont zu werden, daß es sich hier um sehr kostspielige Forschungsmittel handelt; denn eine einzige Forschungs- oder Meßminute mit einer amerikanischen Großrakete vom Viking-Typ kostete z. B. etwa 100000 Dollar.

Ziel der Raketenaufstiege im Internationalen Geophysikalischen Jahr ist in erster Linie die Erforschung der höheren Luftschichten in Bereichen bis zu 200 km. Hier soll vor allem das Verhalten der kosmischen Strahlung geklärt werden, insbesondere auch ihre Abhängigkeit von den geographischen Breiten der Erde. Weiter sollen besondere Raketenarten in die Nordlichtzone vordringen, um hier in Höhen von 50 km Messungen der sogenannten „weichen Strahlung" anzustellen, während andere Raketen Magnetströme in der Ionosphäre verfolgen werden. Hinzu kommen Experimente über Aufbau und Zusammensetzung der Atmosphäre, so daß davon wesentliche Fortschritte der atmosphärischen Physik erwartet werden.

Der Einsatz der Raketen wird an verschiedenen Orten der Erde zwischen Kanada und der Antarktis erfolgen. So plant Frankreich den Aufstieg von 12 Raketen in Colomb-Bechar (Sahara). Und zwar wird es sich dabei um Höhenmeßraketen handeln, die von französischen Technikern nach dem letzten Kriege entwickelt und unter der Bezeichnung „Veronique" bekannt wurden. Die Rakete hat eine Länge von 6 m und einen Durchmesser von 55 cm; sie ver-

mag eine Nutzlast (Meßinstrumente) im Gewicht von etwa 50 kg zu tragen und erreichte bisher Höhen von rund 135 km.

In den USA wurde für das Internationale Geophysikalische Jahr ein „großes" und ein „kleines" Raketenforschungsprogramm entwickelt. Im „großen" Programm ist der Einsatz der Viking-Rakete, die in Größe und Leistung etwa der A-4-Rakete entspricht und bisher Höhen von 255 km erreichte, vorgesehen, jedoch werden für den Höhenflug vornehmlich Raketen des Aerobee-Typs Verwendung finden, der kleiner ist als die Viking-Rakete. So sollen allein in Fort Churchill (Kanada) 25 Aerobee-Raketen in die Hochatmosphäre geschickt werden, da dieser Startplatz innerhalb der Hauptpolarlichtzone der nördlichen Halbkugel liegt. Weitere Aerobee-Aufstiege sind in Holloman (Neumexiko) und White Sands (Florida) vorgesehen. In Kanada werden ferner mindestens 50 Nike-Cajun-Raketen starten, die Höhen bis zu 160 km und Brennschlußgeschwindigkeiten von 6400 km/h erreichen können. Der Nike-Cajun-Typ stellt eine zweistufige Feststoffrakete dar, bei der die erste Stufe aus der „Starthilfe" (Booster), der Abwehrrakete „Nike", und die zweite Stufe von einer umgebauten Überschallrakete gebildet wird. Damit können 18 kg an Instrumenten befördert werden. Eine Reihe weiterer Aufstiege mit Nike-Cujan-Raketen ist in Guam (Stiller Ozean) und in White Sands vorgesehen. Darüber hinaus ist noch ein zweiter Feststoffraketentyp entwickelt worden, der sich gleichfalls aus der Nike- und Deacon-Rakete zusammensetzt, womit bisher Höhen von 114 km erzielt wurden. Man bezeichnet diese Doppelrakete als „Nike-Deacon" (auch kurz als „Dan") und hofft, damit Maximalhöhen von 160 km zu erreichen.

Den größeren Anteil an dem gesamten Vorhaben werden im „kleinen" Programm die sogenannten „Rockoons" haben, von denen etwa 200 im Pazifik, in der Äquatorzone, in der Arktis und Antarktis eingesetzt werden sollen (siehe „Die Erforschung der Hochatmosphäre mit Hilfe von Raketen" S. 418, Bild 3). Solche Ballonstarts sind erheblich billiger als die Verwendung einer Stufe oder gar einer Großrakete vom Aerobee-Typ. Vor allem eignen sie sich für Messungen in Höhen unterhalb von 100 km, so daß ihnen dadurch eine besondere Bedeutung zufallen wird.

Der Einsatz künstlicher Satelliten ist im wesentlichen die technische Weiterführung der Raketenaufstiege, allerdings mit dem Unterschied, daß sich diese Meßkörper längere Zeit auf einer Kreisbahn halten können und nicht wie eine Rakete auf die Erde zurückstürzen. Im Grunde handelt es sich bei der Verwirklichung dieses Vorhabens um eine gewisse Vorstufe des Weltraumflugs, obwohl sich der Satellit im Schwerebereich der Erde und im wesentlichen in ihrer Hochatmosphäre bewegen wird. Er muß also dort seine Bahn ziehen, wo die aus seiner eigenen Geschwindigkeit folgende Fliehkraft ebenso groß wird wie die von der Erde auf ihn ausgeübte Anziehungskraft. Die dazu erforderliche Geschwindigkeit beträgt rund 8 km/s oder 29000 km/h. Bei einem Umfang der Erdkugel von 40000 km bedeutet dies, daß der Satellit unseren Planeten in 88 Minuten umläuft und (bei ruhend angenommener Erdkugel) täglich 16 Umläufe vollführen würde. Da die Erde aber rotiert und der Satellit, wie noch zu zeigen sein wird, in ostwestlicher Richtung die Erde umkreisen soll, d. h. mit der Rotationsrichtung läuft, wird ein Beobachter an der Erdoberfläche den Satelliten nur 15mal auftauchen sehen.

Während der sowjetische Satellit, soweit bisher bekannt, einen Durchmesser von 50 bis 60 cm und ein Gewicht von 50 kg besitzen soll, wird der amerikanische Satellit ein Gewicht zwischen 9,3 und 9,8 kg haben. Der Durchmesser der aus einem Kunststoff hergestellten Kugel des amerikanischen Satelliten beträgt 50,8 (bzw. 53) cm, die eine große Anzahl von Meßinstrumenten und Meßvorrichtungen umschließt, die für das Beobachtungsprogramm in der Schwelle des Weltraums vorgesehen sind, auf die später im Zusammenhang mit ihren speziellen Aufgaben näher eingegangen wird.

Unter den Einrichtungen dieses Satelliten befindet sich ein Sender, der nur 370 g wiegt und mit etwa 100 MHz und einer Leistung von 10 mW einige Wochen in Betrieb gehalten werden kann. Der Sender hat die Aufgabe, die Verfolgung des Satellitenlaufs durch irdische Bodenstationen zu sichern und zum andern Meßwerte automatisch zu funken. Zu diesem Zweck wird er bei 0,01 W Sendeleistung ständig ein Dauersignal ausstrahlen, so daß der Satellit dadurch angepeilt werden kann, während sich automatisch oder durch ein Funksignal einer Empfangsstation die Sendeleistung auf 0,25 W steigern läßt, so daß dann die gespeicherten Meßwerte der verschiedenen Instrumente gefunkt werden können. Die Wellenlänge beträgt 278 cm (108 MHz).

Der für den Sender erforderliche Strom soll durch eine chemische Batterie (Quecksilberbatterie) geliefert werden. Außerdem sind Sonnenbatterien vorgesehen.

Bevor es aber soweit ist, muß der Satellit in seine Bahn gebracht werden. Dazu sind dreistufige Raketenaggregate vorgesehen. Die sowjetische Dreistufenrakete soll ein Startgewicht zwischen 50 und 60 t besitzen, während die amerikanische Dreistufenrakete, die den Namen „Vanguard" (d. h. Vorhut) erhalten hat, nur 10 t schwer ist. Die 22 m hohe Vanguard-Rakete besteht aus zwei Flüssigkeitsraketen und einer Feststoffrakete. Als erste Stufe fungiert eine 13,4 m lange und 1,14 m breite Rakete, die eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Viking-Typ hat. Das Triebwerk verbrennt ein Benzingemisch (95% Benzin, 4% Äthylalkohol und 1% Siliziumöl) und trägt das gesamte Aggregat dadurch in 2 Minuten 60 km hoch. Hier ist der Brennstoff alsdann verbraucht; die erreichte Geschwindigkeit beträgt 1680 m/s = 6000 km/h. Nachdem sich die ausgebrannte Stufe abgelöst hat, beginnt das Triebwerk der zweiten Stufe durch Verbrennung von Salpetersäure und Hydrazin zu arbeiten. Diese Stufe hat eine Länge von 9,4 m und einen Durchmesser von 81,3 cm. Sie beschleunigt den Satelliten auf 4080 m/s = 14400 km/h und biegt die bisher senkrecht aufsteigende Bahn in die östliche Richtung ab. Der Flug nach Osten, in Richtung der Erdrotation, gestattet die Ausnutzung der Tangentialgeschwindigkeit von 300 m/s = 1500 km/h, die der erreichten Gesamtgeschwindigkeit zugute kommen. Allerdings ist der Brennstoff der zweiten Stufe in einer Höhe von 208 km auch restlos verzehrt, jedoch steigt die Rakete noch antriebslos durch den eigenen Schwung bis in eine Höhe von 480 km hinein, wo nach dem Abstoß der leeren Stufe die dritte Stufe den weiteren Transport des Satelliten übernimmt.

Bevor sich die zweite Stufe jedoch löst, setzt sie sich mit der in sie eingebauten dritten Stufe, einer Feststoff- oder Pulverrakete, in eine rotierende Bewegung, die von kleinen, tangential angeordneten Hilfsraketen ausgelöst wird und 200 U/min erreichen soll. Zweck dieses Vorgangs ist die Erzeugung eines Dralls, der die Richtung des in der dritten Stufe untergebrachten Satelliten stabilisieren soll. Erst nachdem dies erreicht ist, löst sich die zweite Stufe. Die zurückbleibende dritte Stufe strebt aber in keine höheren Lagen hinein, sondern führt die Beschleunigung des von ihr umschlossenen Satelliten in horizontaler Richtung auf 7900 m/s = 29000 km/h weiter. Ist auch das geschafft, trennen sich Stufe und Satellit, um zunächst gemeinsam den Flug fortzusetzen, bis die Stufe sich erdwärts wendet. Damit ist dann ein künstlicher Mond der Erde, ein Miniaturtrabant, in seine Bahn gebracht worden, in der er sich nach den gleichen Gesetzen bewegen wird, nach denen alle Gestirne ihren Lauf vollführen. Dem Menschen aber wird es gelungen sein, einen künstlichen Weltkörper geschaffen zu haben.

Der Start des amerikanischen Satelliten soll in Florida erfolgen. Seine Bahn wird den Erdäquator in einem Winkel von 40° schneiden, so daß der Satellit ein 80° breites Band der Erdoberfläche bestreicht, das 40° nördlich und 40° südlich vom Äquator gelegen ist und dadurch den größten Teil der USA, fast ganz Südamerika, ganz Afrika, Südspanien, Sizilien, Griechenland, einen Teil der Türkei, die südliche Sowjetunion, Indien, China, Korea, Japan, Australien und die Südseeinseln umfassen wird. Der Satellit wird von Westen nach Osten über den Himmel hinwegziehen und sich in den Gebieten seiner Sichtbarkeit unmittelbar nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang sternartig von dem dunkleren Himmelsuntergrund abheben. Den Weg über das Himmelsgewölbe wird er in acht bis zehn Minuten zurücklegen, jedoch wird seine Helligkeit etwa den Sterngrößenklassen 5^m bis 6^m entsprechen, so daß er damit schon an der Grenze der Sichtbarkeit mit bloßem Auge liegen dürfte.

Die Flugbahn wird so beschaffen sein, daß sich der Satellit der Erdoberfläche bis auf 320 km nähern, aber auch bis zu 2240 km von ihr entfernen kann. Die Einhaltung einer genauen (und vorher berechenbaren) Bahn gilt als unwahrscheinlich. Zum anderen wird die Eigentümlichkeit der Satellitenbahn möglicherweise eine weitere Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie gestatten, worauf hier hingewiesen, aber nicht näher eingegangen sei. Weiter sei erwähnt, daß der Start von acht bis zehn Satelliten vorgesehen ist.

Welcher Art mögen nun die Forschungsaufgaben sein, die einem solchen Miniaturlaboratorium in einer recht kleinen Kugelhülle von der Wissenschaft gestellt sind? Ohne weiteres ist einzusehen, daß in jenen (veränderlichen) Bereichen, in denen sich der Satellit vorwiegend bewegen wird, von einer Atmosphäre der Erde im Sinne des Wortes nicht mehr die Rede sein kann. Es sind aber noch Atome und Moleküle vorhanden, wie durch die Ionosphärenforschung und das Nordlichtphänomen bewiesen wird; denn der Übergang in den eigentlichen Weltraum vollzieht sich erst dort, wo in Höhen von 2000 km die Exosphäre endet und keinerlei Atome mehr angetroffen werden. Infolgedessen wird sich der Satellit ständig in äußerst stark verdünnten Räumen der Hochatmosphäre bewegen und hier einen bremsenden Widerstand finden, der zu einer Deformation seiner Bahn führt. Auf diese Weise würden sich dann Rückschlüsse auf die Dichte der Hochatmosphäre ergeben, während der Satellit beim Eintauchen in tiefere und dichtere Luftschichten allmählich so stark beeinflußt wird, daß er infolge des großen Luftwiderstandes verbrennt und als künstliche Sternschnuppe aufleuchtet. Der Satellit ist also bei seinem Start bereits verloren. Jedoch wird seine mögliche Lebensdauer auf einige Tage bis zu etwa einem Jahr geschätzt.

Auf der anderen Seite wird die Satellitenbahn auch durch die unterschiedliche Massenanziehung der Erde verformt, wie sich dies aus der Abplattung der Erdkugel und der Massenverteilung im Inneren der Erde ergibt. Im Zusammenhang damit ändert sich über den vom Satelliten überflogenen Gebieten der Erde die auf ihn ausgeübte Anziehung, so daß Störungen seiner Bahn eintreten müssen. Hieraus würde der Geodäsie die Möglichkeit gegeben sein, neben der Neubestimmung der Abplattung der Erde Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Erdkruste zu gewinnen. Andere Programmpunkte beziehen sich auf das Magnetfeld der Erde und die genaue Vermessung der Kontinente und Weltmeere, insbesondere auf die Drift der Kontinente, die nicht sicher entschieden ist. Sobald aber der Umlauf des Satelliten sicher bekannt ist bzw. seine Bahn mit hinreichender Genauigkeit festliegt, wird man durch die Bestimmung der genauen Zeitwerte, die vom Satelliten zur Überfliegung bestimmter Gebiete der Erde beansprucht werden, sichere

Entfernungsmessungen von einem Kontinent zum anderen ausführen können.

Große Perspektiven öffnet der Satellit für die Meteorologie, die sich einerseits der Schwierigkeit gegenüber sieht, daß täglich nur etwa 5% der gesamten meteorologischen Vorgänge in der Atmosphäre der Beobachtung zugänglich sind und daß Messungen in der Stratosphäre letzthin nur stark lokalisierte „Sondierungen" darstellen. Wenn nicht sogleich, so wird doch die weitere Entwicklung des Satellitenprojektes dazu führen, die Erdatmosphäre über weite Räume hinweg „von außen" zu betrachten, so daß sich Messungen der verschiedensten Größen der atmosphärischen Physik ergeben, die bisher niemals erlangt werden konnten. So ist noch weitgehend unbekannt, in welchem Maße sich die von der Sonne stammenden und zur Erde vordringenden Strahlungen in der Atmosphäre verhalten bzw. wie sich ihre Energien umsetzen. Ebenso weiß man noch wenig über die von den Wolkenschichten wieder zurückgeworfenen Strahlungsmengen, so daß erst Messungen der Rückstrahlungsfähigkeit (Albedo) bestimmter Wolkenformen mit Hilfe der Satelliten diese Lücken schließen werden. Dasselbe gilt für die Bestimmung der genauen Albedowerte der Meere, Kontinente, Schneegebiete, Wüsten und Vegetationsbereiche der Erde.

Weiter würde die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Luft in großen Höhen, wie sie aus dem Verhalten des Satelliten hergeleitet werden kann, Hinweise auf ihre senkrechte Durchmischung liefern und gleichzeitig eine Antwort auf die Frage nach dem möglicherweise bestehenden Entweichen hochatmosphärischen Wasserstoffs in den Weltraum darbieten. Eine andere Bereicherung könnte die tägliche (kurzfristige) Wettervorhersage in der Zukunft gewiß dadurch gewinnen, daß der Satellit Fernsehbilder der Atmosphäre über große Gebiete der Erdoberfläche aussendet bzw. an die meteorologischen Observatorien überträgt, so daß sich dadurch das Verhalten der Hoch- und Tiefdruckgebiete einschließlich ihrer Wanderung zuverlässig überblicken ließe und eine wesentliche Verbesserung der Wettervorhersage bringen würde. Soweit ist es im Augenblick noch nicht; doch dafür sind einige andere Dinge noch von Interesse.

Da taucht die Frage auf, welche Temperaturen an der Grenze der Atmosphäre herrschen bzw. das Innere des Satelliten bestimmen könnten. Weit verbreitet ist die nicht ganz zutreffende Ansicht, der Weltraum sei — 273° C „kalt". Von einer Temperatur kann man aber nur so lange sprechen, als Materie vorhanden ist, in der sich Bewegungen oder Schwingungen von Atomen abspielen, die eine „Temperatur" hervortreten lassen. Wo diese nicht vorhanden sind, gibt es keine Temperatur! Die Temperatur im Satelliten wird somit von der eingefangenen Strahlungsenergie, der von den Geräten in seinem Innern erzeugten Wärme, vermindert um die Wärmeausstrahlung, abhängen. Zu solchen Messungen lassen sich keine Thermometer in herkömmlichem Sinne verwenden. Statt dessen sollen winzige Metalloxydkristalle benutzt werden, deren elektrischer Widerstand sich ändert, sobald sich Schwankungen der Temperatur zeigen. Änderungen der Widerstände sind meßbar, so daß auf solche Weise „Weltraumthermometer" geschaffen sind, die es gestatten, an der Außen- und Innenwand des Satelliten Messungen in einem Intervall zwischen — 130° und + 150° C auszuführen. Der Wert dieser Feststellungen wird für die künftige Weltraumtechnik von Wichtigkeit sein, da nur hierdurch Einblicke in Verhältnisse genommen werden können, denen der Mensch sich bei seinem eigenen Schritt ins Weltall auszusetzen gedenkt. Im engen Zusammenhang damit verdienen die allgemeinen Strahlungsvorgänge in der Hochatmosphäre in dem Sinne Beachtung, daß starke Anteile der primären Strahlung aus dem Weltraum (vorwiegend von der Sonne) durch die Atmosphäre absorbiert werden. So bricht das UV-Spektrum der Sonne infolge der Ozonabsorption bei 3400 Å ab. Aufnahmen des Sonnenspektrums bei Raketenaufstiegen zeigen das Spektralband bis zu viel kürzeren Wellenbereichen. Mit Hilfe der Satelliten soll versucht werden, durch geeignete Filter Beobachtungen des Sonnenspektrums zu erreichen. Doch wird es in erster Linie darauf ankommen, die UV-Strahlung durch die von ihr verursachte Ionisation zu messen. In der Ionosphäre laufen derartige Vorgänge ständig ab. Für den (mit Gas zu füllenden) Satelliten wird es darauf ankommen, die in seinem Innern unter dem Einfluß der UV-Strahlung erfolgende Ionisation zu messen und zu signalisieren.

Untersuchungen dieser Art werden das besondere Interesse der Ionosphärenforschung und der Meteorologen finden. Es darf nämlich als gesichert gelten, daß die UV-Strahlung und ihre Schwankungen Einfluß auf die Witterungsvorgänge besitzen. Nach neueren Forschungen von Fr. Baur (Frankfurt a. M.) hängen von der Zu- oder Abnahme der UV-Strahlung großräumige atmosphärische Strömungen ab, die wetterbestimmend sind, während R. Scherhag (Berlin) darauf hingewiesen hat, daß die Wettervorhersage nach kurzfristigen UV-Ausbrüchen auf der Sonne in ihrer Treffsicherheit stark beeinträchtigt ist. Hier würde die Messung der an der Grenze der Atmosphäre auftreffenden UV-Strahlung sicherlich zu neuen Erkenntnissen führen und für die Meteorologie von größtem Wert werden.

Ähnliches gilt auch für die kosmische Strahlung, die in der Atmosphäre absorbiert und verändert wird. Beide Komponenten sind für die Atomphysik der letzten Jahre von großer Bedeutung gewesen, da sie zur Auffindung mehrerer neuer Elementarteilchen führten. Der Physiker ist daher in erster Linie daran interessiert, in Erfahrung zu bringen, wie sich diese Strahlung vor ihrem Durchgang durch die Lufthülle der Erde dem Beobachter darbietet.

Schließlich wird der Satellit in der Ionosphäre neue Ergebnisse dadurch zu zeitigen vermögen, daß mit Hilfe seiner Einrichtungen die Ionenkonzentration und ihre zeitliche Schwankung ermittelt wird, was bisher nur durch indirekte Methoden in sehr lückenhaften Ergebnissen erreicht werden konnte.

Neben den Strahlungen dringen aber fortgesetzt auch Meteorite und große Mengen kosmischen Staubes in die Erdatmosphäre, deren tägliche Quantität auf 1000 Tonnen geschätzt wird. Die Astronomen wissen bis jetzt nur sehr wenig über die Dichte und Häufigkeit jener Teilchen im Weltraum, so daß hier mit Hilfe des Satelliten nach neuen Erkenntnissen gesucht werden soll. Zur Messung der Einwirkungen des kosmischen Staubes (Mikrometeore) soll der Satellit mit einem Erosionsmeter versehen werden, das aus einer Glasplatte mit einer aufgedampften Stahlschicht besteht, die eine Dicke von $^1/_{10\,000\,000}$ mm besitzt. Diese Platte soll den Meteorstaub auffangen, wobei die dünne Stahlschicht beschädigt und der elektrische Widerstand erhöht wird, der dann durch Funk zur Erde übertragen und dadurch gemessen werden kann.

Meteorite mit einem größeren Durchmesser (von etwa $^1/_{10}$ mm an) sollen mit Hilfe von Spezialmikrofonen „belauscht" werden. Trifft ein solches Teilchen auf das Meßgerät, so entsteht wie beim Geigerzählrohr im Mikrofon ein Knacken. Dieses „Meteorkonzert" am Rande des Weltalls läßt sich vom Satelliten zur Bodenstation übertragen und hier auswerten.

Zur Bestimmung der Häufigkeit größerer Meteorite ist vorgesehen, daß die auf die Satellitenhülle auftreffenden Teilchen diese durchschlagen und dadurch ein langsames Absinken des Gasdruckes im Innern der Kugel herbeiführen. Je schneller der Gasdruck abnimmt, um so größer wird das von Meteoriten geschlagene Loch in der Hülle des Satelliten sein, so daß sich daraus die Größe des Teilchens berechnen ließe.

Das ist in großen Zügen das Satellitenprogramm des Internationalen Geophysikalischen Jahres, das zusammen mit den Raketenforschungen manchen Griff in wissenschaftliches Neuland bedeuten wird.

Arbeitsgemeinschaft Lärmschutz der Kammer der Technik

Auf Initiative der Kammer der Technik hat sich am 11. 12. 1956 die „Zentrale Arbeitsgemeinschaft für Lärmschutz" in der Kammer der Technik, HA Technischer Fortschritt, Berlin W 8, Ebertstr. 27, konstituiert. Sie will alle im Zusammenhang mit den Fragen schädlicher Geräuscheinwirkungen und ihrer Bekämpfung stehenden Bestrebungen zusammenfassen und in Zusammenarbeit zwischen Technik und Medizin ihrer Lösung näherbringen. Die in der Praxis gewonnenen und wissenschaftlich begründeten Erkenntnisse werden die Ausarbeitung von Grundsätzen ermöglichen, die es gestatten, geeignete Maßnahmen zum Schutze der Bevölkerung zu treffen. Der Tätigkeit dieser Arbeitsgemeinschaft kommt im Interesse des Arbeits- und Gesundheitsschutzes große Bedeutung zu. Alle Ärzte, Ingenieure und Wissenschaftler sind aufgerufen, sich in Theorie und Praxis mit den Fragen der Geräuschminderung zu befassen. Den Vorsitz der Arbeitsgemeinschaft für Lärmschutz führt Prof. Dr. med. habil. E. Holstein, Prorektor der Akademie für Sozialhygiene, Arbeitshygiene und ärztliche Fortbildung, Berlin-Lichtenberg, sein Stellvertreter ist Obering. Holland von der Medizinischen Gerätefabrik, Berlin N 4. Zum Schriftführer wurde Dr. R. Ingelmann, Chefarzt am Krankenhaus Berlin-Weißensee, Zentralinstitut für den Bahnärztlichen Dienst, bestellt, die technische Berichterstattung hat Ing. Börner vom Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften, Berlin-Adlershof, übernommen.

Die Arbeitsgemeinschaft ist in folgende drei Arbeitsgruppen aufgeteilt: Lärmmessung, Vorsitzender Dipl.-Ing. Brodhun, Heinrich-Hertz-Institut, Berlin-Adlershof;

Lärmschädigung, Vorsitzender Doz. Dr. med. habil. Schröder, Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt;

Lärmbekämpfung.

a) Bau, Vorsitzender Obering. Sorge, Berlin,

b) Verkehr, Vorsitzender Dr. Schunck, stellv. Chefarzt der DR, Zentralinstitut für den Bahnärztl. Dienst, Berlin W 8,

c) Betrieb, Vorsitzender Prof. Dr. Gniza, Institut für Arbeitsökonomik und Arbeitsschutzforschung, Dresden A 45.

Die Aufgaben der Arbeitsgemeinschaft werden von Prof. Dr. Holstein wie folgt präzisiert: „Koordinierung aller Kräfte, die sich mit Fragen der Lärmbekämpfung beschäftigen.

Erarbeitung praktischer Vorschläge zu weitmöglicher Beseitigung des Störlärms für die staatliche Exekutive (Gesundheitswesen, Arbeitsschutz, Verkehrswesen, Bauwesen, Maschinenbau usw.), die dann durch die entsprechenden Fachministerien verwirklicht werden sollen. Sammlung von Material über laufende Arbeiten und Bestrebungen (wissenschaftliche Dokumentation).

Verbreitung von Publikationen in Presse und Fachorganen, um die Aufklärung der Bevölkerung über die genannten Bestrebungen durchzuführen."

Literaturkritik und Bibliographie

Hans-Joachim Fischer

Radartechnik

Fachbuchverlag Leipzig
464 Seiten, 537 Bilder, DIN C 5
Kunstleder 39,— DM

Die Radartechnik ist das umfangreichste Gebiet der Nachrichtentechnik, es treten Probleme aller Entwicklungsrichtungen auf, die günstig zusammengefaßt eine Radaranlage ergeben. Es sind die Höchstfrequenztechnik, die Filtertheorie, die Impulstechnik, die Fernsteuerungen und die Übertragungstechnik nötig. Der Verfasser hat es unternommen, eine Einführung in dieses weitverzweigte Gebiet zu geben. Wenn man die Anforderungen nicht zu hoch stellt, muß man sagen, daß es gelungen ist, einen umfassenden Überblick zu geben.

In den einzelnen Kapiteln werden erst die grundlegenden Probleme behandelt, dann geht H.-J. Fischer auf die Funktion der Gesamtgeräte ein. In den folgenden Kapiteln werden die Teilgeräte ausführlich beschrieben, wobei die Wirkungsweise und konstruktive Ausführung an Hand älterer Geräte erläutert werden. Auf die verschiedenen Möglichkeiten der Impulserzeugung folgt die Beschreibung der Sender, der Antennen (Richtantennen verschiedener Ausführung), der Empfänger mit den Dezimetereingangsstufen, den ZF-Verstärker und den Videostufen, den Sichtgeräten und einiger zugehöriger Meßgeräte. Beschreibungen einiger ausgeführter Anlagen und die Perspektiven für die weitere Anwendung von Radargeräten vervollständigen die Ausführungen. In einem Anhang sind die Tabellen von Röhren mit charakteristischen Betriebsdaten, Kristalldioden, Magnetrons und andere Spezialröhren beigefügt. Besonders wertvoll ist das ausführliche Literaturverzeichnis. Das Buch ist für einen Leserkreis bis zum Fachschüler geschrieben, es erfordert deshalb keine hohen mathematischen Voraussetzungen und erläutert die Vorgänge ausführlich und anschaulich. In jedem Kapitel geht der Autor von der Theorie aus, beschreibt das Prinzip, gibt ausführliche Zahlenbeispiele, Blockschaltbilder und ausführliche Schaltungen und schließlich Bilder ausgeführter Geräte. Eine große Anzahl von Diagrammen veranschaulicht die Wirkungsweise der Anordnungen und gibt einen Überblick über ihr Verhalten. Die eingestreuten Schnittzeichnungen von Röhren und besonderen Bauelementen erleichtern das Verständnis. Der Leser gewinnt damit einen Überblick über den damaligen Stand und erhält Anregungen für weitere Entwicklungen. Es sei noch erwähnt, daß die Worte des Verlages auf dem Schutzumschlag zu weit gehen, da es sich nur um eine Einführung handelt.

Obwohl das Buch als gelungen zu bezeichnen ist, bleiben doch einige Wünsche offen, besonders, wenn es als Lehrbuch dienen soll. In diesem Fall muß eine größere Einheitlichkeit angestrebt und eine straffere Zusammenfassung des Stoffes der Kapitel vorgenommen werden. Es müssen gewisse kleine Wiederholungen entfallen und weitere Unkorrektheiten beseitigt werden.

Einige Beispiele: Man sollte nicht die Heisenbergsche Unschärferelation anführen, wenn zum anderen bei den Impulsschaltungen mehrmals die Wirkungsweise bis ins kleinste erläutert wird. Die Tabelle 5 sollte einen anderen Platz bekommen, sie gibt eine Übersicht über Geräte, ist aber im Kapitel der Dezimetersender zu finden. Ebenso wäre es empfehlenswert, wenn die Ausführungen über Schmetterlingskreise an einer Stelle vereinigt würden. Andere kleine Unstimmigkeiten sollten ebenso ausgemerzt werden, z. B. wird von der Auskopplung an einer Hohlleitermeßleitung gesprochen (S. 292) und gleichzeitig als Beispiel die Auskopplung aus einer koaxialen Meßleitung gezeigt. Auf Seite 310 sollte der Punkt 1 des Abschnittes 3.91 ebenfalls eine andere Fassung erhalten, es handelt sich dort um einen verschiebbaren „Torimpuls", der den ungebräuchlichen Ausdruck Begrenzungsimpuls ablösen sollte. Vorteilhaft wäre es auch, wenn mehrere Abbildungen von Gesamtanlagen beigefügt würden. Bei einer eventuellen zweiten Auflage müßten auch Daten und Bilder der neuesten Entwicklungen enthalten sein.

Trotz der aufgeführten Mängel behält das Buch seinen Wert, da es die Mannigfaltigkeit der Einzelgeräte zeigt und ausführliche Beschreibungen enthält, die zur Einführung in die Technik bestens geeignet sind. Diese erste zusammenfassende Darstellung aller Entwicklungsprobleme an Hand von ausgeführten Geräten erfüllt damit seinen vorgesehenen Zweck. *Dr. Hüttel*

E. Broda und Th. Schönfeld

Die technischen Anwendungen der Radioaktivität

Verlag Technik, Berlin — Porta-Verlag, München, 1956
313 Seiten, 25 Bilder, Ganzlederin 19,— DM

Das Buch soll wissenschaftlich oder technisch Arbeitenden einen Überblick über die derzeitigen Anwendungsmöglichkeiten der Radioaktivität für friedliche Zwecke geben und damit zur Entwicklung der Produktivkräfte beitragen. Nach eingehendem Studium der etwa 300 Seiten umfassenden Arbeit kann man feststellen, daß diese Zielsetzung voll und ganz erfüllt werden kann. Es gelang diesen seit Jahren auf dem Gebiet der Radiochemie erfolgreich tätigen Wissenschaftlern, ein überaus aktuelles Thema unter Einarbeitung der neuesten Veröffentlichungen der Atomkonferenzen des Jahres 1955, insbesondere der Genfer Atomkonferenz, und der neuesten bis 1956 reichenden Zeitschriftenartikel dem letzten Stande entsprechend darzustellen. Der Verlag sorgte für ein zeitgerechtes Erscheinen des Buches.

Nach einleitender Wiederholung der Grundlagen der Radioaktivität, wie z. B. des Absorptionsverhaltens der in Rede stehenden α-, β- und γ-Strahlen, der Statistik des radioaktiven Zerfalls, der Meßverfahren und Herstellung der Radioelemente sind sieben Kapitel den eigentlichen Anwendungen in der chemischen Analyse, im Bergbau, in der Chemie, im Hüttenwesen, in der Textil- und Leichtindustrie, in der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft gewidmet. Aus dieser Gliederung nach Anwendungsbereichen fällt Kapitel 11 heraus, in dem die Anwendungen der Absorption und Streuung radioaktiver Strahlung in der Meß- und Regelungstechnik zusammenfassend behandelt werden und das dem Elektroniker vielleicht am meisten bietet. Infolge dieser Gliederung ließen sich Wiederholungen nicht vermeiden. Auch die Wirkungen dieser Strahlung auf verschiedenartigste Stoffe, z. B. auf Hochpolymere (Kunststoffe) und Halbleiter, ihre Anwendung zur Beseitigung elektrostatischer Aufladungen und ihre direkte Umwandlung in elektrische Energie werden getrennt behandelt. Es wird auch hervorgehoben, daß viele der beschriebenen Verfahren und Methoden bisher erst im Labormaßstab erprobt und eingesetzt worden sind oder auf Einzeluntersuchungen beruhen. Die routinemäßige Anwendung nuklearer Arbeitsmethoden und damit verbundener Meß- und Regelverfahren steht noch in den Anfängen. Bewährte Geräteausrüstungen liegen z. B. schon für betriebsmeßtechnische Aufgaben der Dicken-(Flächengewichts)Messung und Füllstandskontrolle vor.

Bei dem Umfang des Stoffes hat die Darstellung einen mehr bibliographischen Charakter, wozu die zahlreichen Literaturhinweise entscheidend beitragen. Dieses erhöht entschieden den Wert des Werkes. Häufige Wiederholungen dieser als Fußnoten jeder Seite zugeordneten Literaturzitate hätten sich vermeiden lassen, wenn diese in sonst üblicher Form kapitelweise zusammengefaßt worden wären. Da der mit diesem Buch Arbeitende sicherlich zahlreiche dieser Literaturstellen heranziehen wird, sollte man in derartigen Bibliographien bestrebt sein, die Titel der angezogenen Veröffentlichungen mitzunennen.

Alles in allem ist den Verfassern für die große Mühe zu danken, die sie sich bei der Zusammenstellung dieses umfangreichen Stoffes in einer bisher noch nicht vorliegenden Form gemacht haben. Ihr Werk wird sicherlich einen wesentlichen Beitrag zur Verbreitung der Anwendungen nuklearer Meß- und Arbeitsmethoden leisten. *Heimann*

Werner W. Diefenbach

Praktischer Aufbau von einfachen Prüfgeräten und Empfängern vom Detektor bis zum Super

Bastelpraxis, Teil III
Band 79/79a der Radio-Praktiker-Bücherei
Franzis-Verlag, München, 1956
128 Seiten, 138 Bilder, kartoniert 2,80 DM

Die beiden ersten Teile der „Bastelpraxis" waren darauf abgestimmt, dem angehenden Radiobastler die wichtigsten handwerklichen Fertigkeiten und das notwendigste theoretische Rüstzeug für ein Eindringen in die HF-Technik zu vermitteln.

Der dritte Teil bringt erprobte Bauanleitungen. Naturgemäß mußte sich der Autor dabei auf eine Auswahl beschränken; er hat hier offensichtlich das Prinzip verfolgt, die Zahl der dargebotenen Anleitungen nicht zu groß werden zu lassen, dafür aber eine so ausführliche Darstellungsweise zu benutzen, daß auch der Anfänger mit Sicherheit enttäuschende Mißerfolge vermeiden kann. Diefenbach bringt deshalb nicht nur Schaltbilder, sondern zahlreiche Fotos, Aufbau-, Bohr- und Verdrahtungsskizzen (wobei natürlich vorausgesetzt werden muß, daß die vom Autor angegebenen Bauteile verwendet werden).

Das einleitende Kapitel beschreibt einige einfache und vielseitig anwendbare Prüfgeräte (darunter einen Multivibrator) sowie einen Wechselstromnetzteil für Experimentierzwecke.

Die Empfängerbauanleitungen beginnen — wie allgemein üblich — mit Detektorempfängern, die hier jedoch auch für den KW- und UKW-Bereich ausgelegt werden und selbstverständlich mit Germaniumdioden versehen sind. Es folgt die Beschreibung von zwei einfachen, mit Verbundröhren bestückten Einkreisern. Auch der vom Anfänger noch verhältnismäßig leicht zu bewältigende Zweikreiser ist in einer Wechselstrom- und in einer Allstromausführung vertreten.

Besonders breiten Raum nimmt die Bauanleitung für einen Sechskreissuper ein. Die Herstellung erfolgt in drei Baustufen, die einzeln durch Text, Fotos und Verdrahtungsskizzen erläutert werden. Die vorangestellte Bemerkung über das Prinzip des Supers ist unbefriedigend; dasselbe gilt für die Skizze „Grundsätzlicher Aufbau des Supers", die zudem einen Zeichenfehler aufweist.

Beim Nachbau des anschließend beschriebenen UKW-Vorsatzsupers dürften kaum Schwierigkeiten auftreten.

Die „Ratschläge für Inbetriebnahme und Fehlersuche" sind sehr kurz gehalten und sagen recht wenig aus (wobei allerdings festzustellen ist, daß bei den Bauanleitungen selbst bereits Hinweise wie auch Abgleichanleitungen gegeben werden). Verstärker für den Heimgebrauch, darunter ein Zweikanalverstärker für höchste Wiedergabequalität, Umblend-, Misch- und Fernbedienungseinrichtungen sowie eine einfache Wechselsprechanlage, die Lautsprecher und NF-Teil des Rundfunkempfängers benutzt, bilden den Inhalt der nächsten Abschnitte.

Diefenbach schließt mit einem Kapitel „Kurzwellentechnik". Warum hier als einziges Empfangsgerät ein Vorsetzer beschrieben wird, der nur das 80-m-Band erfaßt und bei der Mehrzahl der Empfänger nur Telefonieempfang gestattet, ist nicht recht verständlich. Auch der Kreis derjenigen, die den beschriebenen Batterieklein-sender nachzubauen wünschen und — nachbauen dürfen, ist so begrenzt, daß hier vielleicht die Bauanleitung für einen einfachen Kurzwellenempfänger besser am Platze gewesen wäre.

Ein Vergleich mit entsprechenden Veröffentlichungen aus der Deutschen Demokratischen Republik ist leider noch immer nicht möglich — trotz vieler Hinweise und Anregungen (auch in dieser Zeitschrift) und trotz des zweifelsohne großen Bedarfs hat sich bis jetzt bei uns kein Verlag gefunden, der eine „Bastelreihe" (die, nebenbei gesagt, keinesfalls auf die HF-Technik beschränkt sein sollte) herausgibt und auf diese äußerst wirksame Weise dazu beiträgt, das technische Wissen unserer Werktätigen zu mehren. *Conrad*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

BTU – British Thermal Unit = brit. Wärmemengeneinheit (1 BTU = 0,252 kcal = $293 \cdot 10^{-6}$ kWh)
BU – Bandumsetzung (in einem TF-System), Bandumsetzer
bu. } – = bsh.
bus. }
BUP – British United Press = Britisches Nachrichtenbüro
BV – Bandverstärker
BvT – Betriebsrichtungstaste
BW – Baumwollwachsdraht
BZ – Besetztzeichen
BzK – Bezirkskabel

C

C – Celsius (°C = Maßeinheit für die Temperatur); $C = \frac{5}{4} R = \frac{5}{9} (F - 32°)$
– Coulomb (= As)
– Kapazität
– Kohlenstoff, chemisches Element
Ck – Kopplungskapazität
c – digkeit
– Anzahl der Belegungen
Geschwindigkeit; Lichtgeschwindigkeit $c \approx 3 \cdot 10^{10} \frac{cm}{s} = 300\,000 \frac{km}{s}$
– Neuminute ($1° = 1^{g}11^{c}11.11...^{cc}$)
– Zenti ... = 10^{-2}
Ca – Kalzium, chemisches Element
CAA – Civil Aeronautics Authority = Zivilluftfahrt-Aufsicht (USA)
CAER – Conférence Administrative Extraordinaire des Radiocommunications = Außerordentliche Funkverwaltungstagung (zuletzt: 1951 in Genf)
cal – Kalorie (Maßeinheit für die Wärmemenge)
CAR – Civil Air Regulations = Vorschriften für die Zivilluftfahrt
carr. pd. – carriage paid = frei, franko
CAX – Community Automatic Exchange = automatisches Ortsfernsprechamt
CB – Central Battery = Zentralbatterie (ZB)
Cb – Coulomb = As (Maßeinheit für die elektrische Ladungsmenge Q)
CBC – Canadian Broadcasting Corporation = Kanadische Rundfunkgesellschaft
CC – Courant Continu = Gleichstrom (= DC)
cc – Neusekunde (meist als Exponent verwendet: 1^{cc})
CCBP – Combined Communications Board Publications = Veröffentlichungen des Britischen Fernmeldeausschusses (CCB)
CCIF – Comité Consultatif International Téléphonique = Internationaler beratender Ausschuß für Telefonie (bis 31. 12. 56)
CCIR – Comité Consultatif International des Radiocommunications = Internationaler beratender Ausschuß für das Funkwesen
CCIT – Comité Consultatif International Télégraphique = Internationaler beratender Ausschuß für Telegrafie (bis 31. 12. 56)
CCITT – Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique = Internationaler beratender Ausschuß für das Fernsprech- und Telegrafiewesen (seit 1. 1. 57); entstanden aus den beiden zuvor getrennt existierenden CCIF und CCIT
cct. – circuit (franz. und engl.) = Stromkreis, Sprechkreis, Leitung usw.
CCW – Counterclockwise = im Gegenuhrzeigersinn
Cd – Kadmium, chemisches Element
cd – Candela = Neue Kerze (NK); Maßeinheit für die Lichtstärke I
CDO – Community Dial Office = unbemanntes Wählamt auf dem Lande
CDU – Classification Décimale Universelle = Allgemeine Dezimalklassifikation
CE – = CEL
Ce – Cer, chemisches Element
CEA – Commission pour les essais d'exploitation téléphonique internationale semi-automatique = Kommission für Betriebsuntersuchungen im zwischenstaatlichen halbautomatischen Fernsprechverkehr (Sonderkommission des CCIF)
CEB – Central Electricity Board = Zentralamt für Elektroenergie
CEE – Commission on rules for the approval of Electrical Equipments = Ausschuß zur Festlegung von Vorschriften für die Zulassung elektrischer Ausrüstungen
CEI – Commission Electrotechnique Internationale = Internationale Elektrotechnische Kommission (= IEC)
CEL – Commission Exécutive et de Liaison (de l'UPU) = CE
– Vollzugs- und Verbindungsausschuß (des Weltpostvereins) = VVA
CEMF – counterelectromotive force =
oder cemf Gegen-EMK
CER – Conférence Européenne de Radiodiffusion = Europäische Rundfunktagung (zuletzt: 1952 in Stockholm)
CET – Central European Time = Mitteleuropäische Zeit (MEZ)
cf. – confer = vergleiche (vgl.)
c-f – carrier frequency = Trägerfrequenz (TF)
CFF – Chemins de Fer Fédéraux suisses = Schweizer Bundesbahn
CGS- – Centimeter-Gramm-Sekunde (-Maßeinheitssystem)
ch. – cheval-vapeur = PS $\left(=75 \frac{mkg}{s}\right)$ = CV
ch. – chain (= Kette); brit. Längenmaß = 4 rods = 20,12 m
CICE – Commission Internationale pour l'application de la Classification décimale au domaine de l'Electrotechnique = Internationaler Ausschuß für die Anwendung der Dezimalklassifikation auf dem Gebiet der Elektrotechnik
CIGRE – Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques = Internationale Vereinigung (der Unterhaltsträger) von Starkstromleitungsnetzen
CINA – Commission Internationale de Navigation Aérienne = Internationaler Luftfahrtausschuß (= ICAN)
CIRHF – Conférence Internationale de Radiodiffusion á Hautes Fréquences = Internationale KW-Rundfunkkonferenz (zuletzt: 1949 in Mexiko)
CIRM – Comité International Radio Maritime = Internationaler Seefunkausschuß
CISPR – Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques = Internationaler Sonderausschuß für Funkstörungen
ck(s) – cask = Faß (Fässer)
Cl – Chlor, chemisches Element
clr – combined line and recording traffic = Fernverkehr ohne Wartezeit
C.M. – Circular Mil = Fläche eines Kreises mit „1 Mil" Durchmesser (1 Mil = 0,001 inch); 1 C.M. = $5{,}067 \cdot 10^{-4}$ mm²
CMI – Commission Mixte Internationale pour les expériences relatives á la protection des lignes de télécommunications et des canalisations souterraines = Internationale Kommission zur Auswertung der Erfahrungen über den Schutz von Fernmeldeleitungen und unterirdischen Kabelkanalanlagen
CMR – Continuous Maximum Rating = Dauerhöchstleistung
Co – Kobalt, chemisches Element
COD – cash on delivery = gegen Nachnahme
Codan – Carrier operates device (anti-noise) = trägerbetätigtes Gerät (in einer Küstenfunkstelle)
com. – communication = Verbindung
oder comm.
Consol – Bezeichnung für ein besonderes Funknavigationssystem (auch Sonne)
cos – Kosinus
cosh – Hyperbelkosinus (= Cof)
cos Φ – cos φ (siehe: φ)
cot – Kotangens
coth – Hyperbelkotangens (= Cot)
Cp – Cassiopeium, chemisches Element
cp. – compare = vergleiche (vgl.)
CPF – Comité Provisoire des Fréquences = Provisorischer Ausschuß für Frequenzen
cps – cycle per second = Hertz (Hz)
Cr – Chrom, chemisches Element
CRO – Cathode-Ray Oscilloscope = Katodenstrahloszillograf
CRPL – Central Radio Propagation Laboratory = Zentrallaboratorium für Funkausbreitung (USA)
Cs – Zäsium, chemisches Element
c/s – cycles par seconde = cycles per second = Hz
CSAGI – Commission Spéciale pour l'Année Géophysique Internationale = Sonderausschuß für das Internationale Geophysikalische Jahr
CSF – Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil = Allgemeine Funktelegrafie-Gesellschaft (Paris)
CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation = Wissenschaftliche und industrielle Forschungsorganisation in Großbritannien (an der Universität in Sydney)
CST – Central Standard Time = Zentralamerikanische Ortszeit
CT – Carrier Telephony = TF-Fernsprechen
ct (Wert) – Belegungswert (Verkehrsmenge, Leistung)
CTI – Color Television Incorporated = Farbfernsehgesellschaft (USA)
Cu – Kupfer, chemisches Element
cu – Kubik-
CuB – Kupferdraht mit einfacher Baumwollumflechtung
CuBB – Kupferdraht mit doppelter Baumwollumflechtung
cu.ft. – cubic foot = Raumfuß (= 1728 cubic inches = 28316,75 cm³)
cu.in. – cubic inch = Kubikzoll (= 16,387 cm³)
CuL – Kupferlackdraht
CuLs – Kupferdraht, lackiert mit Seide umsponnen
CuS – Kupferdraht mit einfacher Seidenumspinnung
CuSS – Kupferdraht mit doppelter Seidenumspinnung
cu. yd. – cubic yard = Kubik-Yard (= 0,765 m³)
CV – Cheval-Vapeur = PS $\left(=75 \frac{mkg}{s}\right)$ = ch
CW – Clockwise = im Uhrzeigersinn
– carrier wave = Trägerwelle
c.w. – continuous waves = ungedämpfte unmodulierte Wellen (i. d. Telegrafie)
cwt. – hundredweight (brit. Zentner) = 112 lb = 50,8 kg
CX – composite = zusammengesetzt
Cy – Company = Gesellschaft

Gesichtsschutzhaube Ka-Me II

Der ideale Kopfschutz gegen Implosionen und bei allen Arbeiten an ungeschützter Fernsehbildröhre sowie gegen Lichtbögen und bei allen Arbeiten in der Nähe spannungführender Hochspannungsanlagen. - Unbegrenztes Gesichtsfeld, aufklappbar, glasklar, unbrennbar splittersicher, säure- und laugenbeständig. Gewicht nur 135 Gramm

Metusit

KURT METIUS · LEIPZIG C 1 · WITTENBERGER STR. 17

2 Körting-Endverstärkerstufen 75 W 1 AT-Betriebsfunkanlage, best. aus 20-Wattverst., Rundfunkgerät, Plattenspiel. i. Verstärkergestell günst. z. verk. **Radio-Zierold,** Reichenbach / V., Humboldtstr. 20

Suchen junge Leute

für unser Prüffeld, die interessiert sind, ihre technischen Kenntnisse in praktischer Hinsicht zu erweitern. Bezahlung erfolgt nach entsprechendem Tarif. Kenntnisse der Rundfunktechnik Vorbedingung.

GERUFON-RADIO
Inh. W. Velten
Quedlinburg/Harz
Pölkenstraße 38

Praktikum

als Vorstufe für Techniker oder Ing.-Laufbahn bieten wir technisch begabten jungen Menschen in unserem Betrieb. Interessante Tätigkeit und Ausbildungsmöglichkeit auf dem Gebiet der Elektro-Akustik, sowie der Schwingungs- und Regelungstechnik.

Schriftliche Bewerbungen erbeten an **Verstärkertechnik Böthner KG., Berlin NO 18,** Neue Königstr. 80a

---

NEUMANN

Kondensator-Mikrofon

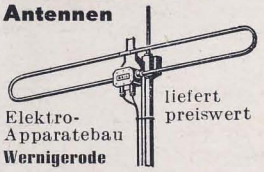
Typ CMV 551

Höchste Übertragungsqualität
Einstufig 200 Ω Ausgang
Mit auswechselbaren Kapseln
Nieren-Achter-Kugel-Charakteristik

GEORG NEUMANN & CO.
ELEKTROTECHNISCHES LABORATORIUM
GEFELL/VOGTL. · RUF 185

LAUTSPRECHER-REPARATUREN
kurzfristig
— alle Fabrikate —
Kurt Trentzsch
Werkstätten für Elektro-Akustik
Dresden A 1, Annenstraße 37
Telefon 42163

Fernseh- und UKW-Antennen



Elektro-Apparatebau **Wernigerode**
liefert preiswert

Petereit

Lautsprecher Groß-Reparatur

Alle Fabrikate, auch älteste Baumuster bis 40 Watt
Wickelarbeiten an Übertragern und Feldspulen nach Angabe

RADIO-LABOR, ING. E. PETEREIT
Dresden N 6, Obergraben 6 · Fernruf 53074

Flohr - Tonbandgerät

mit 38 cm/sec., besonders für Betriebsfunk geeignet, gibt ab **RADIO-ZIEROLD,** Reichenbach / Vogtl., Humboldtstr. 20

Spezialröhren, Osz.-Röhren, Wehrmachtsröhren u. Stabis kauft lauf. **TELE-RADIO,** Berlin O 112, Schließfach 19

Prüf-Fix (1)

für schnelle Durchgangsprüfungen
an Rundfunk-Anlagen
Hans Mammitzsch, Torgau

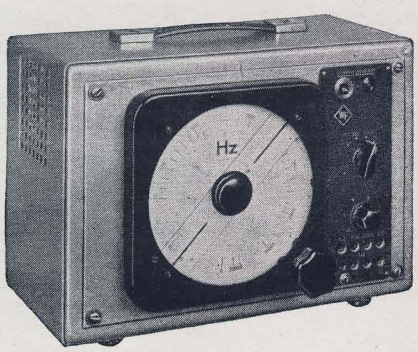
FLOHR

Tonbandgeräte
jetzt auch mit eingebautem Lautsprecher und Aufsprechverstärker

Aufsprechverstärker
für jedes Tonbandgerät verwendbar mit eingebautem Lautsprecher

Verlangen Sie bitte Prospekt

RADIO-ZIEROLD
Reichenbach / Vogtl.
Humboldtstraße 20



WF

Elektronische Meß- und Prüfgeräte

für Industrie, Handwerk, Forschung und Entwicklung

Ausführliches Informationsmaterial stellen wir Ihnen gern zur Verfügung. Bestellungen bitten wir an die Niederlassungen der DHZ Elektrotechnik zu richten.

VEB WERK FÜR FERNMELDEWESEN
Berlin-Oberschöneweide, Ostendstraße 1-5/r 2